

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»**

**Інженерно-хімічний факультет  
Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

«На правах рукопису»  
УДК 676.011

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ М. Д. Гомеля\_  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра  
зі спеціальності 161-Хімічні технології та інженерія  
на тему: Підвищення ефективності технологічного потоку з виробництва  
паперу для креслення**

**Виконав:**

студент II курсу, групи ЛЦ-91мп

Горяной Сергій Володимирович \_\_\_\_\_

**Керівник:**

Доц., к.т.н.

Мовчанюк Ольга Михайлівна \_\_\_\_\_

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

**Київ – 2020 року**

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною  
програмою «Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини»  
Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М.Д. Гомеля

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Горяному Сергію Володимировичу**

1. Тема дисертації: Підвищення ефективності технологічного потоку з виробництва паперу для креслення

науковий керівник дисертації Мовчанюк Ольга Михайлівна, к.т.н., доц., \_\_\_\_\_ затверджені наказом по університету від «03 » листопада 2020 р. № 3207-с

2. Термін подання студентом дисертації: « 01 » грудня 2020 р.

3. Об'єкт дослідження: технологічні процеси при виробництві паперу із підвищеним терміном зберігання.

4. Предмет дослідження: потік для виробництва креслярського паперу; сировинна база; технічне обладнання.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: обґрунтувати інноваційні зміни в технологічному потоці; навести вимоги до сировини, допоміжних хімічних речовин та готової продукції; навести технологічну схему виробництва паперу для креслення; виконати розрахунок теплового балансу; обрати основне технологічне обладнання; навести основні правила безпеки на виробництві; розробити стартап-проект.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: інновації в технології виробництва паперу для креслення; технологія розмелювання бавовняної целюлози; технологія процесу сушіння; технологічна схема;

розрахунок секундної ріжучої довжини та кількості млинів; результати теплового балансу; результати стартап-проекту.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1) Горяной С.В., Мовчанюк О.М. Удосконалення процесу сушіння паперового полотна // XIX міжнародна науково-практична конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (25-26 листопада, 2020, Київ). – с. 200-205.; 2) Горяной С.В., Мовчанюк О.М. Технологія розмелювання бавовняної целюлози у виробництві графічних видів паперу// XIX міжнародна науково-практична конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (25-26 листопада, 2020, Київ). – с. 264-268.

#### 8. Дата видачі завдання «26» \_жовтня\_ 2020 р.

##### Календарний план

<i>№ з/п</i>	<i>Назва етапів виконання магістерської дисертації</i>	<i>Термін виконання етапів магістерської дисертації</i>	<i>Примітка</i>
1	Обґрунтування інноваційних змін,	<b>26.10.20 – 9.11.20</b>	
2	Оформлення вимог до сировини, хімікатів та готової продукції; розрахунок кількості млинів; затвердження технологічної схеми	<b>10.11.20–17.11.20</b>	
3	Розрахунок та оформлення матеріального балансу; розрахунок основного технологічного обладнання	<b>10.11.20–17.11.20</b>	
4	Розробка заходів з охорони праці	<b>18.11.20–24.11.20</b>	
5	Розробка стартап-проекту. Загальне оформлення магістерської дисертації	<b>25.11.20–01.12.20</b>	

Студент

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_ С.В. Горяной  
\_\_\_\_\_ О.М. Мовчанюк

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 76 стор., 19 рис., 24 табл., 31 першоджерело, 1 додаток.

**Актуальність проблеми:** покращення показників якості креслярського паперу за рахунок додавання бавовняних волокон; підвищення зносостійкості паперу; покращення процесу розмелювання бавовняної целюлози та процесу сушіння; вдосконалення технологічної схеми з метою підвищення продуктивності виготовлення паперу.

**Мета дослідження:** вдосконалення технологічного потоку виробництва паперу із підвищеним терміном зберігання.

**Задачі дослідження:** провести літературний пошук щодо інноваційних рішень для процесу виробництва паперу із підвищеним терміном зберігання; розробити технологічну схему виробництва креслярського паперу із використанням нових технологій; розрахувати тепловий баланс; розробити стартап-проект та оцінити можливість його запуску.

**Об'єкт дослідження:** технологічні процеси при виробництві паперу із підвищеним терміном зберігання.

**Предмет дослідження:** потік для виробництва креслярського паперу; сировинна база; технічне обладнання.

**Методи досліджень:** теоретичні – елементарно-теоретичний аналіз, вибір технологічного обладнання; математичні – розрахунок теплового балансу, розрахунок кількості млинів.

**Практичне значення отриманих результатів:** отримані результати можуть бути використані на підприємстві з метою запровадження технологічної лінії виробництва паперу із підвищеним терміном зберігання та виробництва якісної продукції, що може конкурувати з лідерами в галузі виробництва графічних видів паперу.

### **Публікації:**

1. Горяной С.В., Мовчанюк О.М. Удосконалення процесу сушіння паперового полотна // XIX міжнародна науково-практична конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (25-26 листопада, 2020, Київ). – с. 200-205.;

2. Горяной С.В., Мовчанюк О.М. Технологія розмелювання бавовняної целюлози у виробництві графічних видів паперу// XIX міжнародна науково-практична конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (25-26 листопада, 2020, Київ). – с. 264-268.

БАВОВНЯНА ЦЕЛЮЛОЗА, ХВОЙНА ЦЕЛЮЛОЗА, ПАПІР ДЛЯ КРЕСЛЕННЯ, РОЗМЕЛЮВАННЯ, СЕКУНДНА РІЗУЧА ДОВЖИНА ВОЛОКНИСТИЙ НАПІВФАБРИКАТ, СУШІННЯ, ВАКУУМНИЙ ЦИЛІНДР, ПОВЕРХНЕВЕ ПРОКЛЕЮВАННЯ, КАЛАНДРУВАННЯ, НАКАТ

## ABSTRACT

Master's dissertation: 76 pp., 19 fig., 24 charts, 31 primary sources, 1 appendice.

**The urgency of the problem:** improving the quality of drawing paper by adding cotton fibers; increase the wear resistance of paper; improving the process of grinding cotton pulp and the drying process; improving the technological scheme in order to increase the productivity of paper production.

**The purpose of the study:** to improve the technological flow of paper production with increased shelf life.

**Research objectives:** to conduct a literature search for innovative solutions for the production process of drawing paper with extended shelf life; to develop the technological scheme of production with use of new technologies; calculate the heat balance; develop a startup project and evaluate the possibility of its launch.

**Object of research:** technological processes in the production of paper with extended shelf life.

**Subject of research:** flow for the production of drawing paper; raw material base; technical equipment.

**Research methods:** theoretical - literary search, choice of technological equipment; mathematical - calculation of heat balance, calculation of the number of mills.

**Practical significance of the obtained results:** the obtained results can be used at the enterprise in order to introduce a technological line of paper production with increased shelf life and production of quality products that can compete with leaders in the production of graphic paper.

### **Publications:**

1. Horianoi S.V., Movchanyuk O.M. Improving the process of drying paper canvas // XIX International Scientific and Practical Conference of Students,

Postgraduates and Young Scientists "Resource and Energy Saving Technologies and Equipment" (November 25-26, 2020, Kyiv). - with. 200-205 .;

2. Goryanoy SV, Movchanyuk OM Technology of grinding cotton pulp in the production of graphic paper // XIX International scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists "Resource-saving technologies and equipment" (November 25-26, 2020, Kyiv). - with. 264-268.

COTTON CELLULOSE, PINE PULP, PAPER FOR DRAWING, GRINDING,  
SECOND CUTTING LENGTH SEMIFINISHED FIBER, DRYING, VACUUM  
CYLINDER, SURFACE SIZING, CALENDERING, ROLLING

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	9
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ТА ІННОВАЦІЇ.....	10
1.1 Розмелювання волокнистих напівфабрикатів.....	12
1.2 Багатостадійне розмелювання.....	15
1.3 Сушильна частина папероробної машини .....	20
2 ІННОВАЦІЇ.....	24
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	28
3.1 Характеристика сировини, хімікатів та готової продукції.....	28
3.1.1 Папір для креслення .....	28
3.1.2 Целюлоза хвойна вибілена.....	29
3.1.3 Целюлоза бавовняна .....	30
3.1.4 Натрій карбоксиметилцелюлоза.....	32
3.2 Технологічна схема та її опис.....	34
3.2.1 Розрахунок секундної ріжучої довжини $L_s$ та кількості млинів.....	39
3.2.2 Вибір основного технологічного обладнання.....	42
3.2.3 Розрахунок теплового балансу .....	47
4 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	50
5 СТАРТАП ПРОЕКТ.....	54
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	63
ДОДАТОК А.....	67



## ВСТУП

Українська целюлозно-паперова галузь протягом тривалого часу демонструвала позитивну динаміку розвитку. Це пояснювалося підвищенням попиту з боку продовольчого сектора та інших галузей переробної промисловості, а також з боку видавництв.

Серед великої кількості паперу, що виготовляється у світі, 30% – це саме графічні види паперу.

Без спеціального паперу не обійтися, якщо потрібно виконати графічні роботи: креслення, плани, схеми, профілі. Щоб зображення вийшло якісним, недостатньо володіти навичками креслення. Вибір паперу для креслень також важливий для отримання оптимального результату.

Для ринку України графічні види паперу в основному закуповуються з-за кордону. Основними постачальниками таких видів паперу, зокрема для креслення, є Росія, Німеччина, Італія, Польща.

Папір для креслення найвищої якості із підвищеним терміном зберігання повинен виготовлятися із додаванням бавовняної целюлози – найчистішого виду рослинних волокон, що більш, ніж на 90% складається з целюлози.

Для креслярського паперу характерний високий ступінь проклеювання (не менше 2 мм), низька засміченість паперу, шорстка поверхня, високий опір стиранню, щоб можливо було робити виправлення без шкоди для креслення.

Так, як на території України папір для креслення не виготовляється, дана магістерська дисертація є достатньо актуальною, тому що це дозволить випускати продукцію, що не буде поступатися в якості закордонним аналогам, але буде значно дешевше за продукцію, що поступає з-за кордону.

## 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ТА ІННОВАЦІЇ

У виробництві графічних видів паперу, зокрема для креслення, для підвищеного терміну зберігання застосовується бавовняна целюлоза. Структура бавовняних волокон представлена на рис.1.1. Бавовняне волокно має фібрилярну структуру, яка складається з первинної стінки, вторинної стінки і просвіту [1].

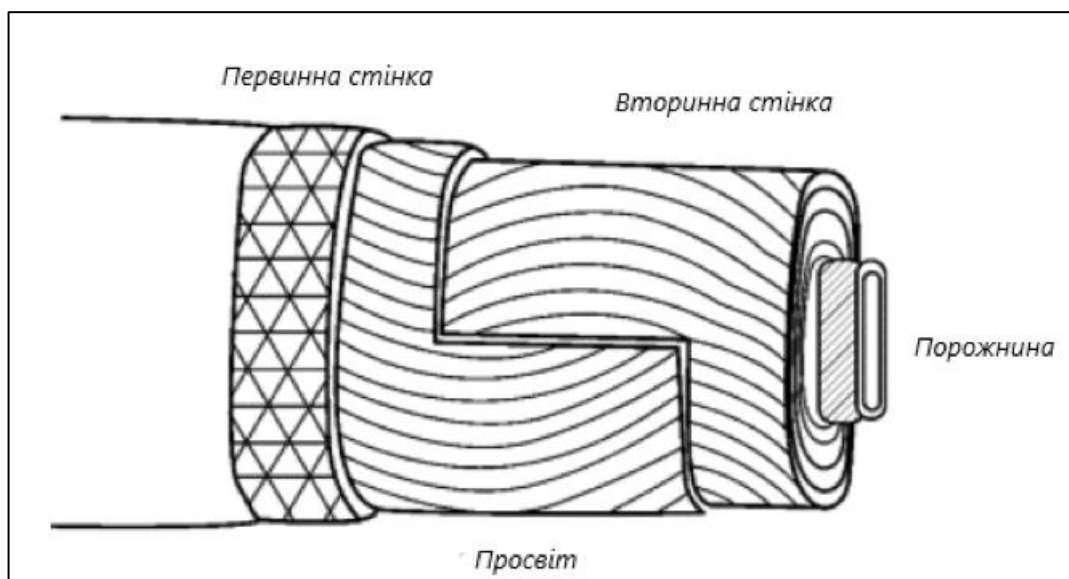


Рис.1.1 – Структура бавовняного волокна

Додавання бавовняної целюлози в композицію паперу призводить до зниження фізико-механічних показників, але при цьому під час старіння паперу дані показники залишаються на рівні і зі збільшенням кількості бавовняної целюлози менше втрачаються. Дані наведено в табл.1.1. Саме це і зумовлює додавання в масу бавовняної целюлози [2].

Таблиця 1.1 – Вплив вмісту бавовняної целюлози на властивості паперу

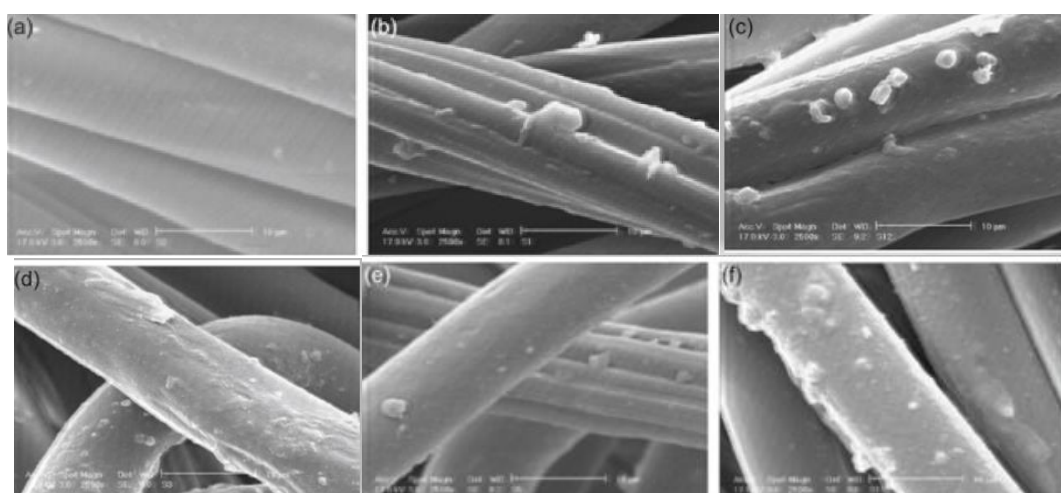
Назва показника	Значення показників									
	До старіння					Після старіння				
Вміст бавовняної целюлози, %	0	25	50	75	100	0	25	50	75	100
Білізна, %	79,3	81,5	82,4	83,8	84,2	62,9	68,7	70,4	72,8	73,4

Продовження табл.1.1

Опір продавлюванню, мН	680	520	360	280	200	320	268	240	200	190
Міцність на злом при багаторазових перегинах, ч.п.п.	2032	1567	680	420	170	1011	879	546	374	308
Розривна довжина, км	7,31	5,87	5,08	3,56	2,56	7,00	5,52	4,62	3,13	2,48

Ще деякі вчені (Гашті і ін.) застосували обробку газом озону на поверхні бавовняних волокон, щоб поліпшити їх контакт з фторвуглеводним мономерним покриттям і, таким чином, підвищити їх гідрофобність. Комбінований ефект обробки газом озоном і фторвуглеводним мономером на поверхні бавовняних волокон збільшував їх контактний кут до більш високих значень через більшу гідрофобність фторвуглеводних мономерів. Ефективне щеплення фторвуглеводного мономера на поверхню бавовняних волокон була додатково підтверджена спостерігаються змінами ваги[3].

На рис. 1.2 представлені зображення, отримані за допомогою скануючої електронної мікроскопії (СЕМ) бавовняних волокон, щеплених фторвугле –



а – необроблені; б – 90 хв обробки озоном; с – оброблені мономерами (20 г/л); д – оброблені мономерами (60 г/л); е – 90 хв обробки озоном та мономерами (20 г/л); ф – 90 хв обробки озоном та мономерами (60 г/л)

Рис.1.2 – Бавовняні волокна після обробки озоном та фтор вуглеводними мономерами

водним мономером, без попередньої обробки і з попередньою обробкою озоном. Такий вид модифікації поверхні не вимагає використання будь-яких розчинників, тому його можна розглядати як екологічно безпечну обробку[3].

### 1.1 Розмелювання волокнистих напівфабрикатів

Розмелювання волокнистих напівфабрикатів – важливий технологічний процес, завдяки якому надається певні особливості маси, такі як довжина волокна, необхідний ступінь млива.

Попавши в зону розмелювання, волокна піддаються інтенсивному тертю, рубці та розчісуванню. При цьому волокна фібрилюються з максимальним збереженням довжини. Ударний ефект в такому технологічному процесі посилює ефект розмелювання. Ножові гарнітури з радіальним розташуванням ножів показано на рис.1.3[4].

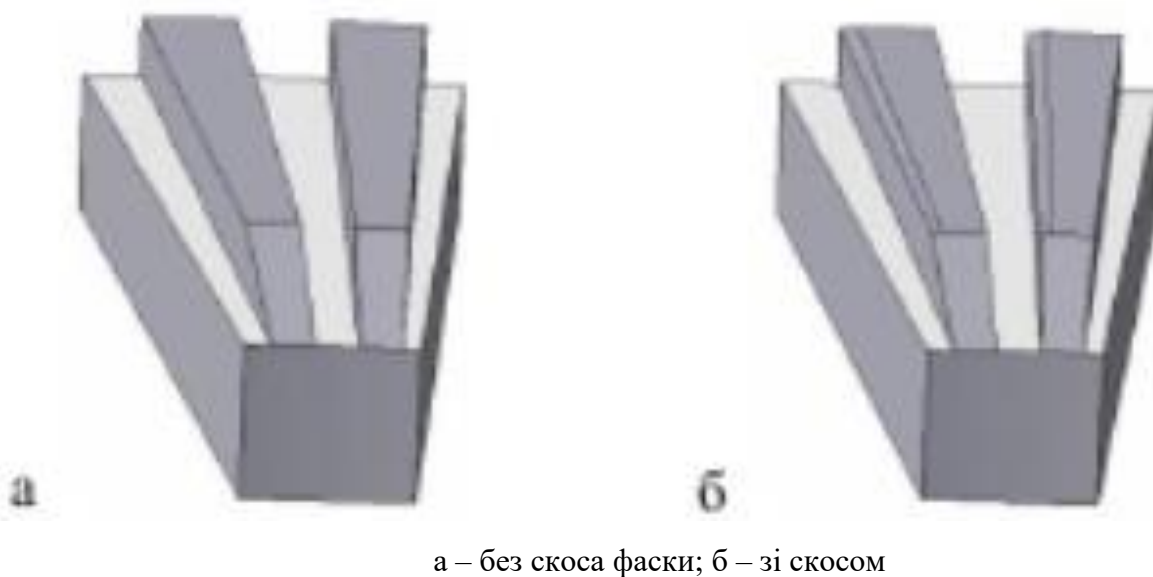


Рис.1.3 – Гарнітури з радіальним розташуванням ножів

При використанні даної технології всі ріжучі на неріжучі складові гарнітури з'єднуються в центрі диска. Це забезпечує захват необхідної кількості волокнистого напівфабрикату і протягування його між робочими поверхнями. При цьому на матеріал здійснюється достатній деформаційний вплив в процесі динамічного контакту фасок. До того ж, на волокна у такому випадку здійснюється більш м'який вплив[5]. Але для гарнітури з ударним

ефектом (рис.1.4) розмелювання проводять трохи довше, ніж при традиційному розмелюванні, так як переважно проводиться фібрилювання. Але при цьому показники за однакового ступеня млива відрізняються. Так, за ступеня млива 50 °ШР опір продавлюванню за традиційго розмелювання складає 295 кПа, а у гарнітури з ударним ефектом даний показник складав 355кПа (рис.1.5,1.6)[6].

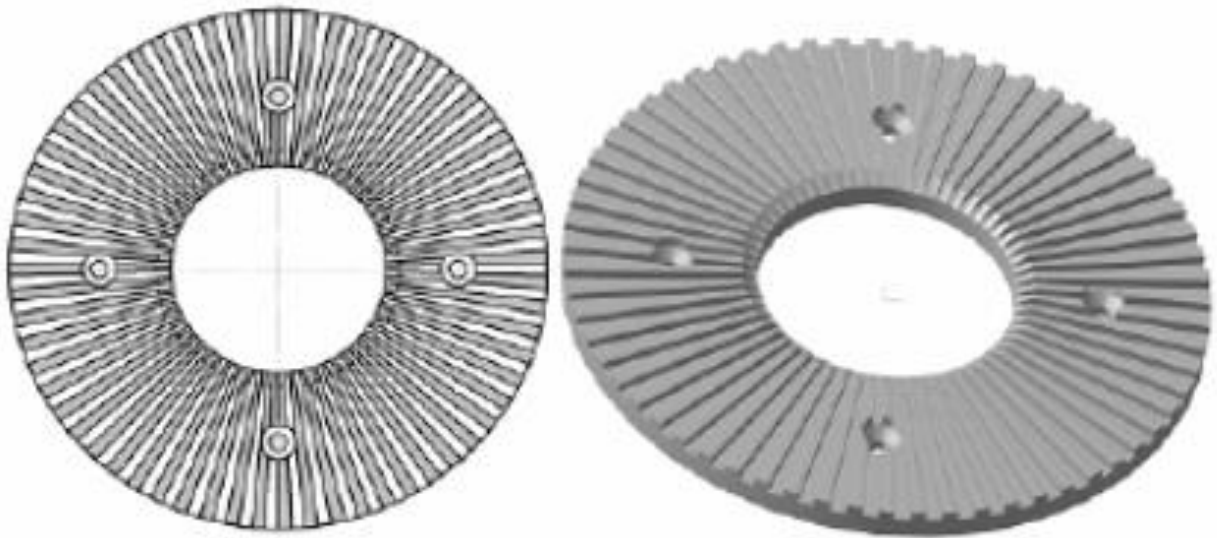


Рис. 1.4 – Гарнітура для розмелювання ВНФ з ударним ефектом

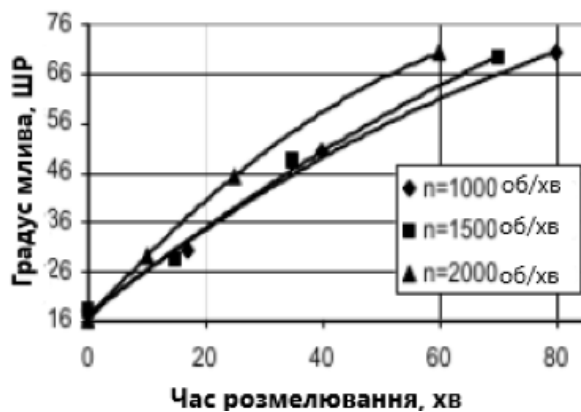
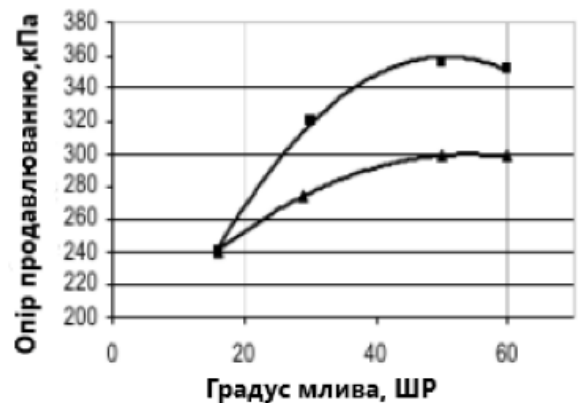


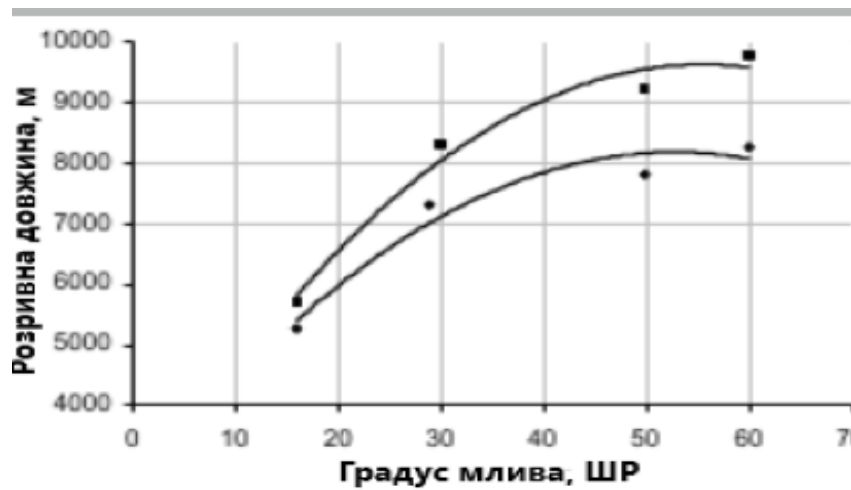
Рис 1.5 – Приріст градуса млива в залежності від частоти обертання ротора



■ – використання гарнітури з ударним ефектом; ▲ – використання звичайної гарнітури

Рис 1.6 – Залежність опору продавлювання від ступеня млива

Така ж ситуація спостерігається і при порівнянні значень розривної довжини, в яких значення розривної довжини більше на 16% (рис.1.7)[6].



■ – гарнітура з ударним ефектом; ● – традиційна гарнітура

Рис. 1.7 – Залежність розривної довжини від ступеня млива

Також для інтенсифікації процесу розмелювання застосовують гарнітуру з криволінійною формою ножів(рис.1.8)[7].

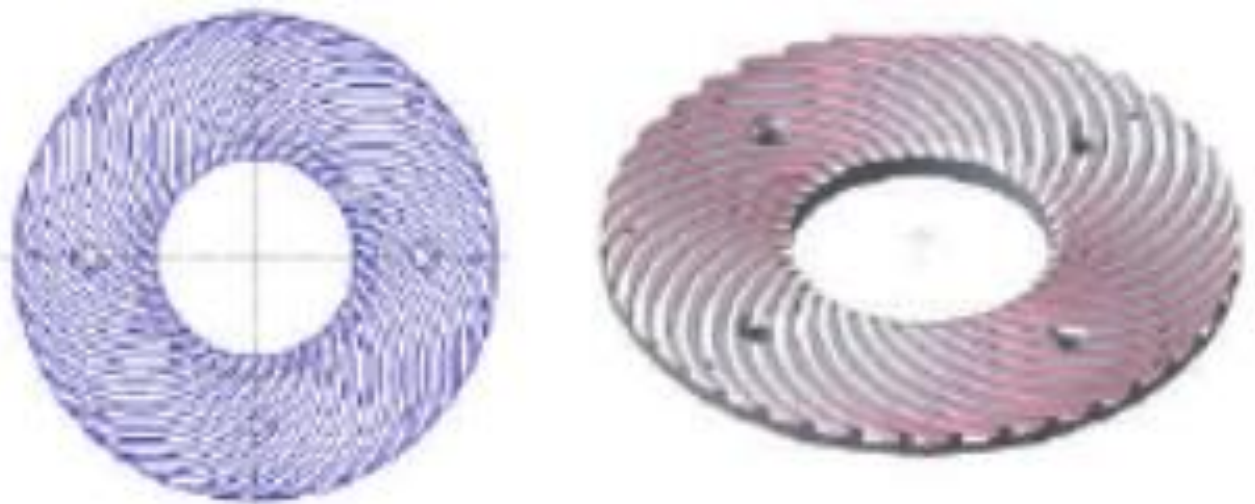


Рис. 1.8 – Гарнітура для розмелювання із криволінійною формою ножів

Дана гарнітура дозволяє вирішити задачі підвищення якості отриманої маси, підвищення продуктивності та зменшення енергозатрат. Для порівняння використано традиційна гарнітура за кутом схрещування ножів  $45^{\circ}$  та гарнітура з ударним ефектом без скоса фаски. Результати наведено в табл.1.2[7].

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика різних видів гарнітур при 50 °ШР

<i>Показники волокнистої маси</i>	<i>Гарнітура з криволінійною формою ножів</i>	<i>Гарнітура з ударним ефектом без скоса фаски</i>	<i>Традиційна гарнітура для розмелювання з кутом схрещування ножів 45°</i>
Тривалість розмелювання, хв	21	28	35
Середня довжина волокна, мм	1,58	1,38	1,23
Здатність до водоутримання ВНФ, %	522	501	486
Сили зв'язку між волокнами, кПа	0,157	0,124	0,142

Проаналізувавши дані таблиці, можна зробити висновок, що гарнітура з криволінійною формою ножів дає суттєві переваги у виробництві паперу і підвищує якісні характеристики волокнистої маси.

## 1.2 Багатостадійне розмелювання

Але бавовняна целюлоза має ряд особливостей, що затрудняють розмелювання. Серед таких показників виділяється кут нахилу волокон відносно осі: коли у дерев'яної целюлози кут нахилу незначний, то у бавовняної целюлози волокна розташовуються під кутом майже 45° відносно осі. Це значно затрудняє розмелювання, тому це зумовило проводити двоступеневого розмелювання. При цьому на першій стадії необхідно було знизити довжину волокон целюлози до рівня, при якому забезпечується безперебійна робота дискових млинів при значеннях міжножового зазору менше 0,6 мм. На другій стадії потрібно отримати масу з параметрами, необхідними для отримання паперу [8].

Першу, підготовчу, стадію розмелювання здійснювали при міжножовому зазорі 0,6 мм і номінальній частоті обертання ротора двигуна млина  $1450 \text{ хв}^{-1}$ . Кожні 5 хв розмелювання зменшували міжножовий зазор до значення 0,1 мм або повної зупинки ротора двигуна млина. При його зупинці виставляли міжножовий зазор на попереднє значення 0,6 мм і продовжували розмелювання. В результаті було встановлено, що масу з бавовняної целюлози необхідно розмелюють протягом 15 хв для забезпечення безперебійної роботи млини в діапазоні значень міжножового зазору від 0,1 до 0,6 мм[9].

Параметри маси після розпуску і підготовки (першої стадії розмелювання) представлені в табл.1.3.

Таблиця 1.3 – Характеристика бавовняної маси на етапі підготовки

Стадії підготовки целюлози	Характеристики маси			Витрата електроенергії на 100 г, Вт*год
	Ступінь млива, °ШР	Середньозва- жена довжина волокна, дг	Швидкість зневоднення, мл/с	
Бавовняний лінт (Іспанія)				
Розпуск	18	126	152,8	—
1-ша стадія розелювання	20	105	85,3	0,108
Бавовна марки 150 (Узбекистан)				
Розпуск	16	124	130,4	—
1-ша стадія розелювання	24	97	63,3	0,132

Також для зменшення енерговитрат і підвищення ефективності процесу розмелювання ножі можна виготовляти з абразивного алмазомісткого матеріалу[10].



Відомий спосіб багатоступінчастого безперервного розмелювання волокна на дискових ножових млинах при виробництві паперу шляхом поступової зміни по ступенях дії ножів на волокно за допомогою зниження навантаження на ребра ножів від першого ступеня до останнього, причому навантаження на останньому ступені складає 0,2-0,3 від величини питомого навантаження на першому ступені.

Завдання вирішується за рахунок того, що в способі багатоступінчастого безперервного розмелювання волокна на дискових млинах у виробництві паперу шляхом поступової зміни по ступенях дії ножів на волокно у відповідності до запропонованого винаходу розмелювання проводять на дискових млинах, оснащених ножами з зернистого абразивного композиційного матеріалу, а поступову зміну дії ножів на волокно здійснюють шляхом зниження зернистості матеріалу ножів від першого ступеня до наступних, причому на першому ступені зернистість матеріалу ножів обирають з ряду: 100/80; 80/63; 60/40, а на останньому ступені - 40/28; 28/20; 20/14; 14/10 і 10/7[10].

Вибір конкретних зернистостей ножів млинів на першій та наступних ступенях розмелювання здійснюють у відповідності з вимогами, що ставляться до якісних показників паперу і в залежності від якості вихідної волокнистої сировини. Використання на дискових млинах, встановлених послідовно у системі розмелювання, ножів з зернистого абразивного композиційного матеріалу дозволяє за рахунок поступового зниження зернистості матеріалу ножів від першого ступеня до наступних тримати постійне навантаження на кожний млин і, завдяки цьому, економити енергію і створювати оптимальні умови для фібрилювання волокна на всіх ступенях розмелювання[10].

Параметри розмелювання та показники якості маси наведені в табл.1.4. Аналіз даних, наведених у таблиці, показує, що запропонований спосіб багатоступінчастого безперервного розмелювання волокна при виробництві паперу дозволяє на двох (приклади 1, 2) та на чотирьох (приклад 3) млинах

отримати волокно такої ж якості (ступінь млива та масовий показник середньої довжини волокна), як і відомий спосіб, проте за відомим способом розмелювання волокна здійснюють, відповідно, на трьох і семи млинах[10].

Таблиця 1.4 – Параметри розмелювання та показники якості маси

Приклад									
	Ступінь розмелювання	Потужність, що споживається, кВт	Ступінь млива, °ШР	Середня довжина волокна, $d_2$	Ступінь розмелювання	Потужність, що споживається, кВт	Ступінь млива, °ШР	Середня довжина волокна, $d_2$	Зернистість ножів*
1	1	50	32	141	1	50	43	126	100/80
	2	40	50	137	2	50	70	110	28/20
	3	35	69	109	—	—	—	—	—
2	1	50	32	141	1	50	42	146	60/40
	2	40	50	137	2	50	69	134	20/14
	3	35	69	109	—	—	—	—	—
3	1	50	32	141	1	50	43	147	60/40
	2	40	50	137	2	50	71	132	40/28
	3	35	69	109	3	50	90	110**	28/20
	4	30	81	83	4	50	95	86**	20/14
	5	25	90	115**	—	—	—	—	—
	6	20	94	71**	—	—	—	—	—
	7	15	95	59**	—	—	—	—	—

Примітка:

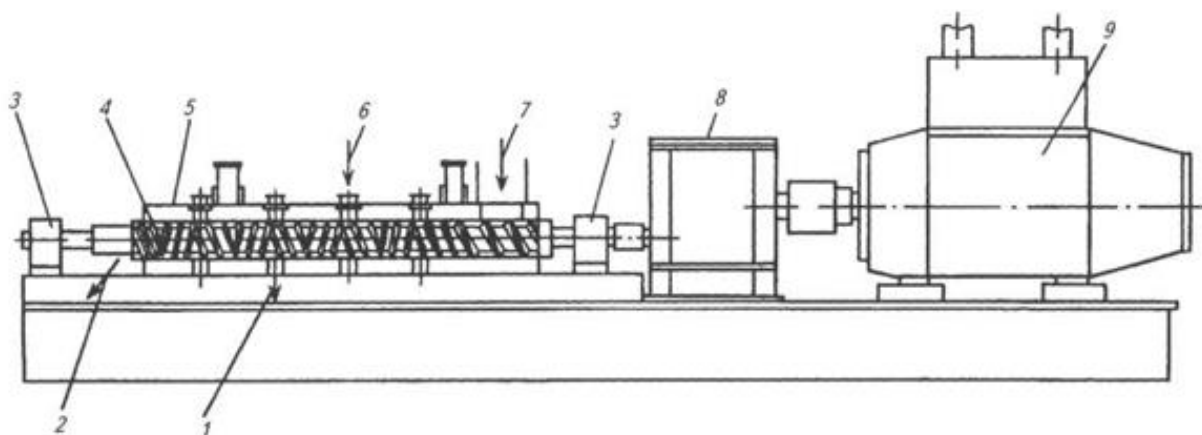
\* Зернистість алмазних порошків позначається дробом, у чисельнику якого вказують найбільший, а у знаменнику – найменший розміри зерен основної фракції, що вимірюються в мікрометрах;

\*\* При досягненні ступеня млива 90 °ШР та вище вимірювання масового показника середньої довжини волокна здійснюють на приладі з дрібною сіткою.

Екструдерна переробка призначена для безперервної фізико-механічної трансформації в'язкого полімерного матеріалу і виробництва високоякісної продукції певної структури завдяки точному контролю технологічних умов[11].

Підприємство CLEXTRAL входить до складу Groupe Legris і спеціалізується на постачанні обладнання для приготування волокнистих напівфабрикатів за технологією Bi-Vis, що дозволяє використовувати різні види рослинної сировини, такі як хвойні та листяні породи деревини, однорічні рослини і відходи переробки целюлозовмістні сировини. При використанні технології Bivis можна отримувати волокнистий напівфабрикат для виробництва паперу та картону з бавовни, льону, багасси (відходів виробництва цукрової тростини), соломи злакових культур[12].

Двошнекові екструдери Bi-Vis (рис. 1.9, 1.10) складаються з двох взаємопроникних шнеків зустрічного обертання, встановлених на зубчасті вали в закритому барелі. Завдяки широкому набору конфігурацій шнеків і бареля, можна встановлювати і налаштовувати різні профілі шнеків і технологічних функцій відповідно до виробничих вимог[12].



1 – вихід відпрацьованої рідини; 2 – вихід розмеленого матеріалу; 3 – підшипники; 4 – шнеки; 5 – корпусу; 6 – подача хімікатів; 7 – вхід розмелюється; 8 – редуктор; 9 – електродвигун

Рис. 1.9 – Пристрій двошнекового апарату Bi-Vis

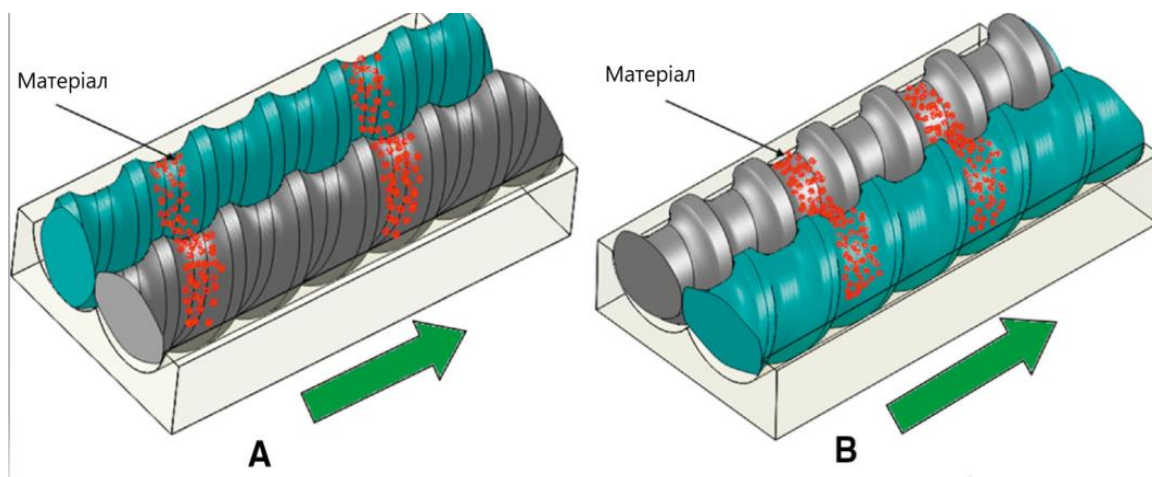


Рис. 1.10 – принцип роботи двошнекового апарату Bi-Vis

Таким чином, двошнекові апарати здатні забезпечувати транспортування, стиск, перемішування, варіння, різання, нагрівання, охолодження, нагнітання, надання форми і т.д. при високому рівні гнучкості в роботі. Головною перевагою екструдерів з двома взаємопроникними шнеками зустрічного обертання є їх здатність дуже ефективно перемішувати екструдований продукт, що надає йому виключні характеристики і значно додає цінності даного устаткування[13].

### 1.3 Сушильна частина папероробної машини

При проектуванні папероробних машин основним питанням є підвищення ефективності роботи сушильних установок, яке пов'язане з інтенсифікацією тепломасообмінних процесів, зниженням енергозатрат, вибором оптимального режиму сушіння та раціональних конструктивних рішень.

Інтенсивність сушіння збільшується при установці в сушильні циліндри термопланок. При роботі циліндра всередині нього створюється кільце з конденсату. Тепло пара втрачається при проходженні через конденсат. Для руйнування водяного кільця і передачі тепла через металеві пластини, що стирчать над конденсатом, і застосовуються термопланки[14].

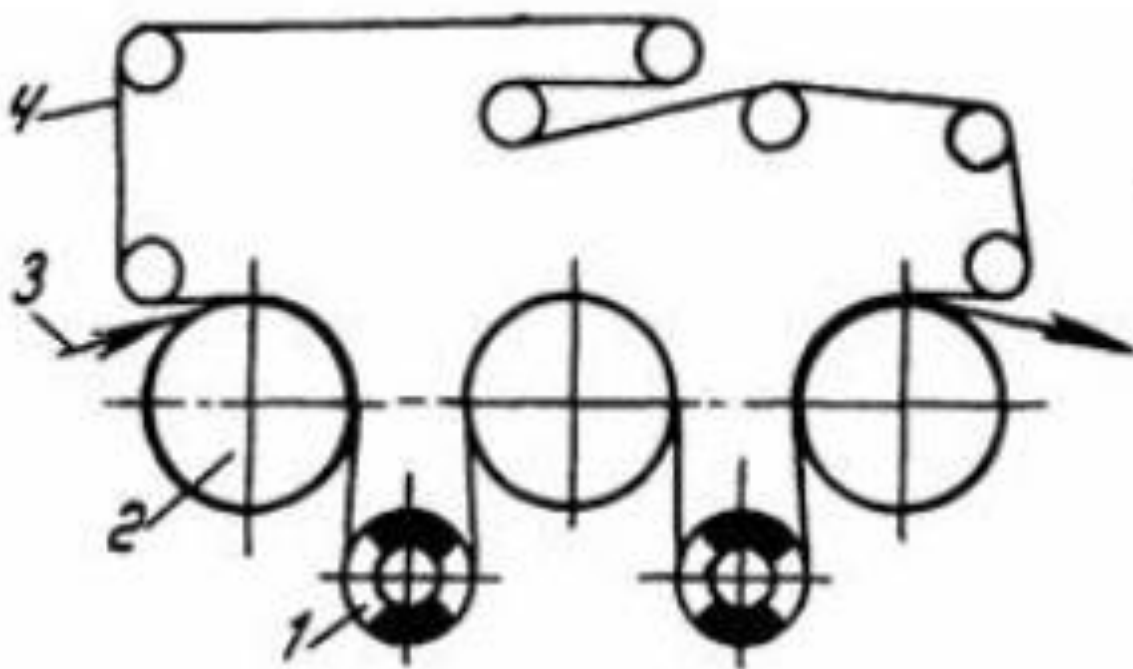
При роботі машини на високих швидкостях в пазухах напрямних валів виникає тиск (в одному - негативний, в іншому - надлишковий), під дією якого паперове полотно відстає від сітки, що може призводити до обриву або утворення складок. З метою запобігання даного небажаного явища в напрямних валах підтримують невеликий вакуум для притиснення полотна паперу до сушильної сітки (рис.1.11). Замість вакуумних валів можуть застосовуватися жолобчаті вали, в яких надмірний тиск релаксує через поглиблення жолобків. Перший поворотний вал синтетичної сітки знаходиться поруч з гранітним валом. Полотно переноситься з гранітного валу на нижню сторону синтетичної сітки і утримується там за допомогою вакууму, що створюється повітряними соплами дуттєвих ящиків над нижньою гілкою сітки[14].

Полотно паперу між останнім пресом і першим сушильним циліндром має високу вологість, тому там відбуваються часті обриви. Довгий відрізок руху полотна без підтримки вимагає високого натягу, яке зростає зі збільшенням швидкості. Зниженню натягу між останнім пресом і першим сушильним циліндром сприяють дуттєві камери системи Уно-ран (рис. 1.12)[15].

Для зменшення розмірів сушильної частини в зоні досушування використовується сушка гарячим повітрям, конструкція якої наведена на рис. 1.13[15].

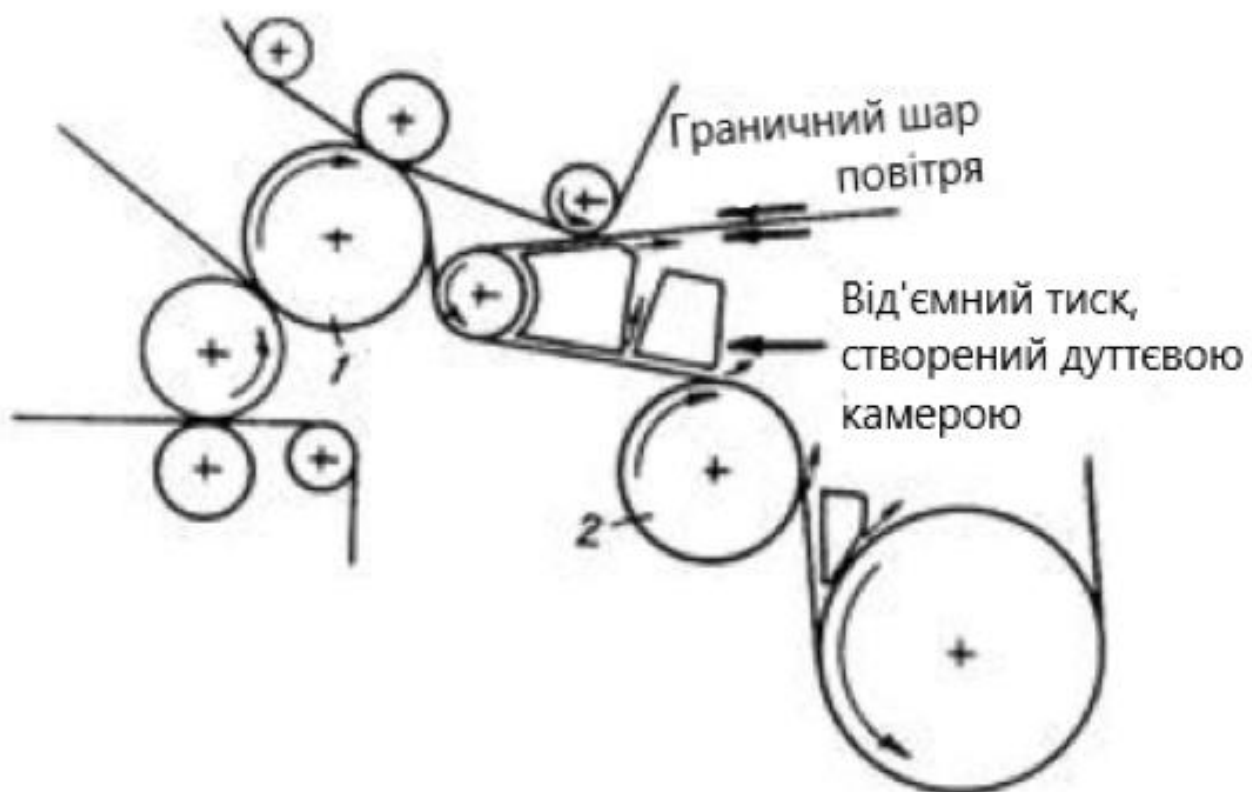
В даній конструкції сушіння паперового полотна здійснюється за рахунок гарячого повітря, що подається по обидві сторони полотна з вентиляторів. Папір при цьому рухається без будь-яких сукон та сіток. Конструкція розташовується в яруси, між якими знаходиться поворотний вал[16].

Технологічний дослідний центр Фінляндії у співпраці з компанією Metso Paper розробив нову технологію сушки паперу OptiDry Vertical, в основі якої прямий удар струменем повітря[17].



1 – вакуумний вал; 2 – сушильний циліндр; 3 – полотно; 4 – сітка

Рис. 1.11 – Однорядне розташування сушильних циліндрів



1 – гранітний вал; 2 – сушильний циліндр

Рис. 1.12 – Дугтеві камери Уно-ран

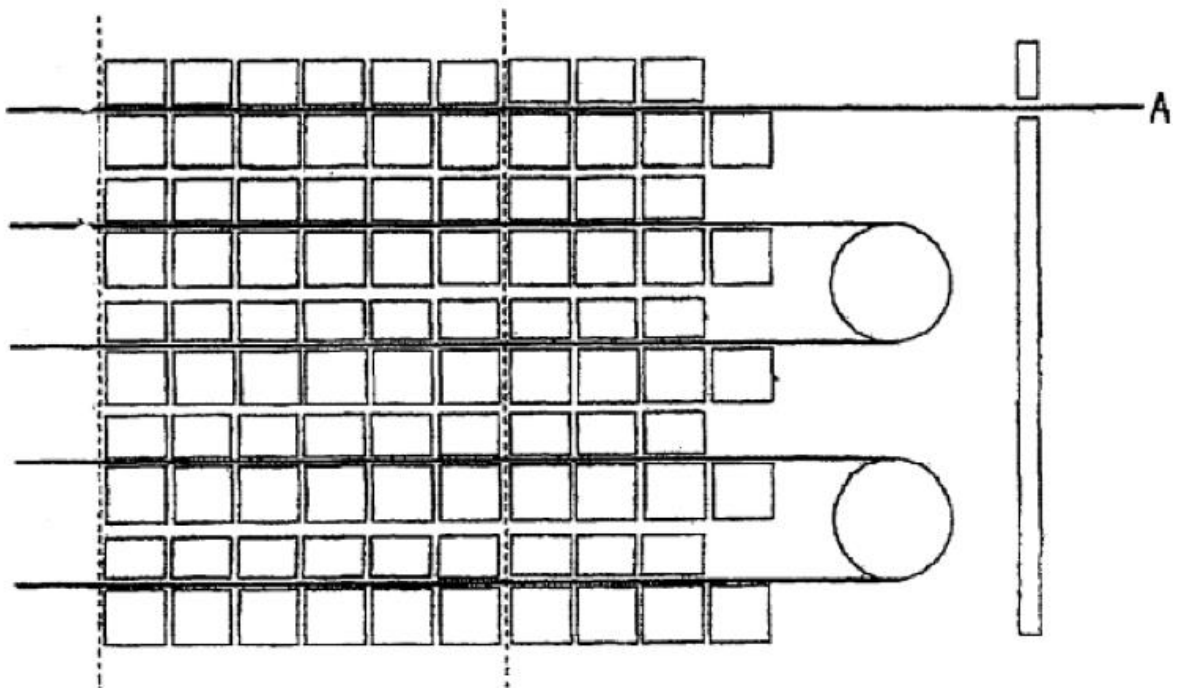


Рис. 1.13 – Повітряна сушка

За якістю одержуваної паперу і швидкості новий спосіб ефективніше і економніше традиційної сушки з використанням циліндрів. Крім того, за інформацією розробника, технологія дешевше обійдеться при установці на діючі лінії і збільшить продуктивність на 10-20%. Терміни окупності називаються на рівні 15-18 місяців[17].

Гаряче повітря на повній швидкості стикається з поверхнею паперу, яка сохне в 3-4 рази швидше. За якістю одержувана продукція як мінімум не поступається традиційним способам, дозволяє контролювати такі небажані явища, як скручування паперу, і забезпечує відмінні друковані характеристики матеріалу[17].

## 2 ІННОВАЦІЇ

Системи Bi-Vis особливо ефективні при переробці бавовняних очосів, забезпечуючи стабільні якості і належний зовнішній вигляд цих престижних видів паперу. Виробники по всьому світу, зокрема з бавовнянопереробної галузі в Африці і Азії, прийняли цю технологію з метою створення нового ефективного бізнесу в місцевих масштабах.

Першу стадію розмелювання целюлози в роботі проведено на апараті Bi-Vis(рис.2.1).



Рис.2.1 – Двошнековий апарат Bi-Vis

Апарат відрізняється низьким споживанням енергії, невеликими монтажними та експлуатаційними витратами, хорошою керованістю процесу. Цей апарат використовується для рубки волокон перед основним розмелюванням. Порівняльна характеристика традиційного розмелювання та попереднього розмелювання на апараті Bi-Vis представлено в табл.2.1 [18].

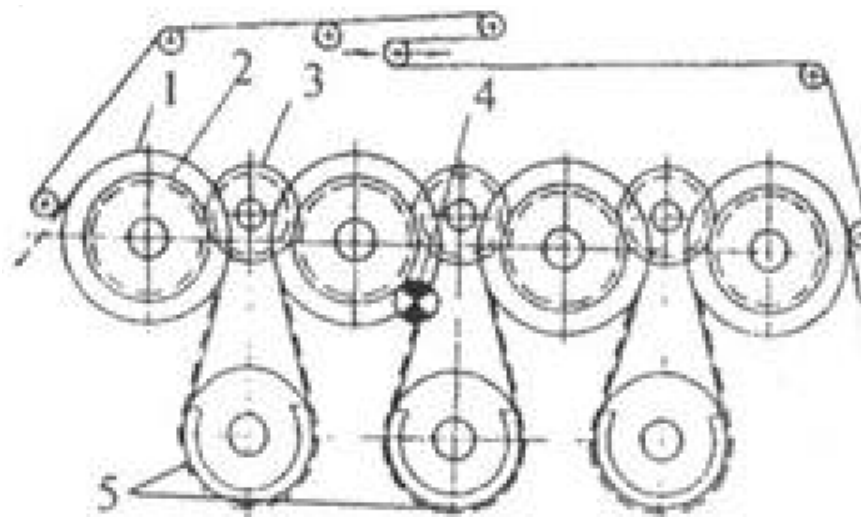


Таблиця 2.1 – Технічна ефективність при розмелюванні бавовняної целюлози на апараті Bi-Vis

<i>Показник ефективності</i>	<i>Технологія</i>	
	<i>традиційна</i>	<i>Bi-Vis</i>
1. Витрата електроенергії на розмелювання, кВт·год/т	1800	1100
2. Ступінь млива, °ШР	81	80
3. Міцність на злом при багаторазових перегибах, ч.п.п.	151	284
4. Гладкість (по Бекку), с	22,4	20,5
5. Розривна довжина, м:		
- в машинному напрямку	7400	8600
- в поперечному напрямку	3700	4300

Як видно з таблиці, питома витрата електроенергії на апараті Bi-Vis знижується на 40% та забезпечуються вищі показники якості маси та паперу.

Сушильна частина представлена у вигляді однорядного розташування сушильних циліндрів (рис. 2.2), бо таке компонування має ряд переваг[19]:



1 – сушильний циліндр; 2 – зубчате колесо сушильного циліндра; 3 – паразитні шестерні; 4 – привідна шестерня; 5 – вакуумні вали

Рис. 2.2 – Однорядне розташування сушильних циліндрів

- не утворюються кишені з вологим повітрям,
- оптимальний профіль вологості в поперечному напрямку,
- скорочення довжини ділянки вільного пробігу,
- спрощення надягання сітки,
- зниження усадки паперу,
- поліпшення стабілізації паперового полотна.

Розрахунок діаметра вакуумного вала пов'язаний із загальною концепцією сушильної частини і головним чином залежить від розміру сушильних циліндрів. Діаметр вакуумного вала завжди менше, ніж діаметр сушильного циліндра і їх стандартний розмір буває зазвичай Ø 900 мм, Ø 1000 мм, Ø 1200 мм, Ø 1800 мм і т.п, використовуються також і такі розміри як Ø 1290 мм, Ø 1450 мм і т.д. Діаметр вакуумного вала залежить від виробника і його стандартів. Найбільш типовим конструктивним рішенням однорядного компонування є наприклад використання сушильних циліндрів з Ø 1500 мм і вакуумних валів Ø 1200 мм або комбінація сушильних циліндрів Ø1800 мм і вакуумних валів Ø1500 мм[19].

Важливим критерієм для установки однорядного компонування сушильних циліндрів є те, що, при швидкостях понад 1200 м/хв. виникає сильна конвекція на поверхні сушильних циліндрів та збільшуються центробіжні сили. В даному випадку, обов'язковою умовою є установка вакуумного вала і стабілізуючої камери для стабілізації паперового полотна в процесі сушіння. У класичній двосітковій сушильної частини з сушильними циліндрами при даних швидкостях збільшується ймовірність відшаровування полотна від сітки, обривів, утворення складок та інших дефектів[19].

При проходженні паперу через класичний сушильний циліндр папір проходить між сушильної сіткою і гарячої сорочкою циліндра, сушильна сітка притискає папір до гарячої поверхні сушильного циліндра і тим самим збільшується ефективність процесу сушіння. Навпаки при проходженні паперового полотна через вакуумний вал папір притиснута до валу за рахунок вакууму. Частина пари, що утворюються в процесі сушіння на

сушильному циліндрі, відсмоктується в напрямку до циліндру. Проходження паперового полотна між валами стабілізується за допомогою спеціальних камер.

Таке компонування доречно встановлювати для паперу з меншою масою  $1 \text{ м}^2$  і швидкості машини від 800 м/хв. ; для паперів з більшою масою  $1 \text{ м}^2$  і швидкістю БДМ більше 1000 м/хв.. Встановлюється як перша група в частині попередньої сушки і як перша група в частині досушки (якщо встановлено клеїльний прес або плівковий прес), для всіх видів паперів при швидкості машини більш ніж 1200 м / хв. встановлюється за принципом – чим вище швидкість і менше маса  $1 \text{ м}^2$  паперу, що виготовляється, тим більше груп з однорядною когось поновкой сушильних циліндрів[19].

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Характеристика сировини, хімікатів та готової продукції

##### 3.1.1 Папір для креслення

Папір для креслення [20] призначений для виконання будь-яких видів креслярських робіт. Передбачається виготовлення креслярського паперу марки В, показники якості якого повинні відповідати вимогам, наведеними у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Показники якості паперу для креслення

Назва показника	Норма для марок				Метод випробувань
	В	А	А <sub>п</sub>	Б	
1. Маса 1 м <sup>2</sup> паперу, г	200±8	160±7 180±7 200±8	160±7 180±7 200±8	160±7 180±7 200±8	По ГОСТ 13199
2. Щільність, г/см <sup>3</sup> , не менше	0,78	0,78	0,78	0,75	По ГОСТ 27015
3. Міцність на злом під час багаторазових перегинів, число подвійних перегинів в поперечному напрямку, не менше	125	125	125	50	По ГОСТ 13525.2
4. Ступінь проклеювання, мм, не менше	2,0	2,0	2,0	2,0	По ГОСТ 8049
5. Число витриманих підчищень лінії шириною 1,5 мм, що наноситься тушшю на одне і те ж місце, не менше	3	3	2	1	За даними стандарту

Продовження табл.3.1

6. Білість, не менше:					По ГОСТ 30437
тип 1	85,0	85,0	85,0	—	
тип 2	80,0	80,0	80,0	80,0	
7. Засміченість, число частинок на 1 м <sup>2</sup> площею 0,1–1 мм, не більше	80	100	100	150	По ГОСТ 13525.4
в тому числі площею 0,5–1 мм, не більше	2	2	2	3	
8. Вологість, %	6±2	6±2	6±2	6±2	По ГОСТ 13525.19

### 3.1.2 Целюлоза хвойна вибілена

Целюлоза сульфатна вибілена з хвойної деревини виготовляється відповідно до вимог стандарту ГОСТ 9571-91 [21]. Для виробництва паперу для креслення обрано целюлозу марки ХБ-2, показники якості якої наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Показники якості целюлози сульфатної вибіленої хвойної

Найменування показника	Показники для марки						
	ХБ-0	ХБ-1	ХБ-2	ХБ-4	ХБ-5	ХБ-6	ХБ-7
1. Механічна міцність при розмелі в ЦРА до 60 °ШР: Розривна довжина, км, не менше	9,0	7,8	7,8	7,4	8,5	8,7	7,4
Міцність на злом при багатократних перегибах, ч.п.п.	1300	1100	800	700	1000	1300	800
2. Білість, %, не менше	90	88	86	87	82	80	81

Продовження табл.3.2

3. Засміченість, шт., для смітинок: от 0,1 до 1,0 мм <sup>2</sup> включ., не більше	25	70	70	60	90	150	120
св. 1,0 до 2,0 мм <sup>2</sup> включ., не більше	0	0	2	2	5	15	10
св. 2,0 до 3,0 мм <sup>2</sup> включ., не більше	0	0	0	0	0	10	5
св. 3,0 мм <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	0	0
4. рН водяної витяжки	5,5-7	5,5-7	5,5-7	5,5-7	5,5-7	5,5-7	5,5-7
5. Вологість, %, не більше	20	20	20	20	20	20	20

### 3.1.3 Целюлоза бавовняна

Бавовняна целюлоза [22] повинна виготовлятися наступних марок, зазначених у табл.3.3. Для роботи обрано бавовняну целюлозу марки 350.

Залежно від фізико-хімічних показників бавовняну целюлозу поділяють на три сорти: вищий, 1-й, 2-й сорт. Для роботи обрано бавовняну целюлозу 1-го сорту.

Таблиця 3.3 – Марки бавовняної целюлози

Марка целюлози	Код ОКП
15	10 2623 1002
25	10 2623 1003
35	10 2623 1004
70	10 2623 1005
100	10 2623 1006
150	10 2623 1007
250	10 2623 1008
350	10 2623 1009
650	10 2623 1010

За фізико-хімічними показниками бавовняна целюлоза повинна відповідати нормам, зазначеним у табл.3.4.

Таблиця 3.4 – Показники якості бавовняної целюлози

Назва показника	Норма для сортів			Метод випробувань
	вищий	перший	другий	
1. Зовнішній вигляд	Пухка маса білого кольору, яка не містить сторонніх включень у вигляді тріски, піску, і інших домішок нецелюлозного характеру			По п.4.2
2. Масова частка альфа-целюлози, %, не менше				По п.4.3
а) по ваговому методу для марок:				Поп.4.3.1
15	98,2	97,2	96,0	
25, 35	98,5	97,7	97,5	
для других	99,0	98,0	97,5	
б) по фотометричному методу для марок:				По п.4.3.2
15	98,2	97,2	96,0	
25, 35	98,5	97,7	97,5	
для других	99,0	98,0	97,5	
3. Змочуваність (для виробництва нитроцелюлози), г, не менее				По п.4.4
для марки:				
15	145	140	130	
для других	150	140	130	
4. Масова частка води, %, не більше	8,0	10,0	10,0	По п.4.5
5. Масова частка золи, %, не більше	0,1	0,2	0,3	По п.4.6

Продовження табл.3.4

6. Масова частка залишку, нерозчинного в сірчаній кислоті, %, не більше	0,10	0,30	0,50	По п.4.7
7. Масова частка волокнистого пилу, %, не більше	2,0	2,0	2,0	По п.4.8
8. Білість, %, не менше	88	85	-	По п.4.9
9. Маса заліза, мг/кг абсолютно сухої целюлози, не більше	25	-	-	По п.4.10
10. Динамічна в'язкість, сПа·с (СП) для марок:				По п.4.11
15	1,0-2,0 (10-20)			
25	2,1-3,0 (21-30)			
35	3,1-4,5 (31-45)			
70	4,6-8,5 (46-85)			
100	8,6-11,5 (86-115)			
150	11,6-17,5 (116-175)			
250	17,6-30,0 (176-300)			
350	30,1-43,0 (301-430)			
650	43,1-85,0 (431-850)			

### 3.1.4 Натрій карбоксиметилцелюлоза

Натрієва сіль карбоксиметилцелюлози [23] використовується в якості клею. Показники якості NaКМЦ наведені в табл.3.5. Для роботи обрано NaКМЦ марки 75 С.



Таблиця 3.5 – Показники якості натрій карбоксиметилцелюлози

Назва показників	Марка 75 Н	Марка 75 С	Марка 75 В	Марка 75 В*
Зовнішній вигляд	Дрібнозернистий, порошкоподібний або волокнистий матеріал від білого до кремового кольору			
Масова частка основної речовини,%, не менше	45	45	45	45
Масова частка води,%, не більше	15	15	15	15
Ступінь заміщення по карбоксиметильним групам, не менше	0,65	0,65	0,65	0,65
Динамічна в'язкість 2% розчину, мПа · с	10 - 40	41 - 100	101 - 150	более 150
Розчинність в воді,%, не менше	98	98	98	98
Активність водневих іонів (рН) водного розчину з масовою часткою 1% (при 20 °С)	8 - 12	8 - 12	8 - 12	8 - 12
Масова частка розчинних чорних включень,%, не більше	0,5	0,5	0,5	0,5

### 3.2 Технологічна схема та її опис

Технологічна схема виробництва паперу для креслення представлено на рисунку 3.1.

Підготовка маси за даною схемою проводиться окремо для кожного виду сировини в композиції.

Зі складу сировини в гідророзбивач (1а) подається вибілена хвойна целюлоза та обігова вода для забезпечення концентрації маси на рівні 3,5 %. За аналогією, в гідророзбивач (1б) подається бавовняна целюлоза та обігова вода. Після гідророзбивача маса подається в приймальні басейни з циркулюючим пристроєм (2), де маса акумулюється перед подальшим розмелюванням.

В потоці для хвойної целюлози перед розмелюванням встановлюється очисник маси (3). В потоці для бавовняної целюлози перед розмелювання встановлюється технологія Vi-Vis (4), яка призначена для вкорочення бавовняних волокон перед основним розмеленням.

Розмелення проводиться на дводискових млинах (5). Для хвойної целюлози встановлюється 5 млинів, так як початковий ступінь млива для хвойної вибіленої целюлози 14 °ШР, кінцевий 55 °ШР, а приріст на одному млині становить 10 °ШР. Для бавовняної целюлози схемою передбачено встановлення 6 млинів, так як початковий ступінь млива для бавовняної целюлози 18 °ШР, кінцевий 55 °ШР, а приріст ступеня млива на одному млині становить 6 °ШР. Концентрація маси – 3,5 %. Розмелена маса акумулюється в басейнах розмеленої целюлози (6), звідки насосами подається в композиційний басейн (7).

В першому композиційному басейні маси змішуються в певній пропорції, а на наступному етапі додають каолін, глинозем та обіговий брак в кількості 5–6 %. Після композиційного басейну маса поступає на бак постійного рівня.

Перед тонким очищенням маса розбавляється реєстровими водами до концентрації 0,7–0,8 %. Із змішувального насосу (8) маса поступає на перший

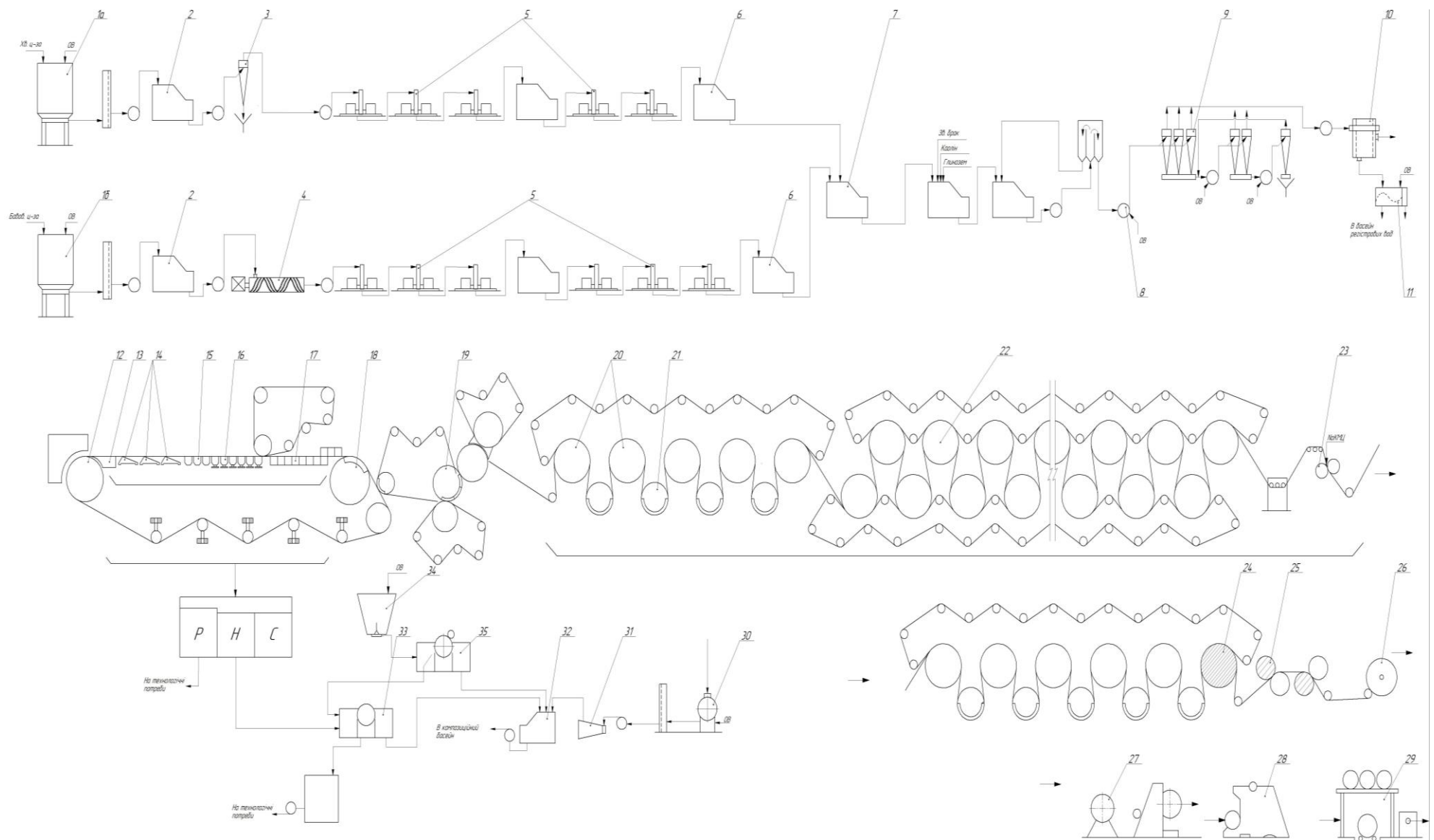


Рис. 3.1 – Технологічна схема виробництва паперу для креслення

- 1а, 1б – гідророзбивачі;
- 2 – приймальний басейн;
- 3 – очисник маси (ОМ);
- 4 – технологія Bi-Vis;
- 5 – здвоєний млин;
- 6 – басейн розмеленої маси;
- 7 – композиційний басейн;
- 8 – змішувальний насос;
- 9 – система вихрових конічних очисників;
- 10 – напірна сортувалка;
- 11 – вібросортувалка;
- 12 – грудний вал;
- 13 – формуюча дошка;
- 14 – гідропланки;
- 15 – мокрі ящики відкритого типу;
- 16 – мокрі ящики із додатковим вакуумом;
- 17 – відсмоктуючи ящики;
- 18 – гауч-вал;
- 19 – прес Tri-Nip;
- 20 – сушильні циліндри;
- 21 – вакуум-камери;
- 22 – двоярядне розташування сушильних циліндрів;
- 23 – клеїльний прес;
- 24 – холодильний циліндр;
- 25 – софткаландр;
- 26 – накат;
- 27 – поздовжньо-різальний верстат;
- 28 – рулонно-різальний верстат;
- 29 – рулонно-пакувальний станок;
- 30 – гідророзбивач сухого браку;
- 31 – пульсаційний млин;
- 32 – басейн браку;
- 33 – дисковий фільтр;
- 34 – гауч-мішалка;
- 35 – згущувач мокрого браку.

ступінь очищення на центриклинерах (9). Відходи від першого ступеня збираються в закритому колекторі, розбавляються обіговою водою до концентрації 0,8 % та поступають на другий ступінь очищення. Очищена маса з другого ступеня подається на повторне очищення на перший ступінь. Відходи другого ступеня збираються в жолобі №2, де розбавляються до концентрації 0,4 % і надходять на третій ступінь очищення. Відходи третього ступеня йдуть у відвал, а очищена маса – на повторне очищення на другий ступінь.

Після етапу тонкого очищення маса подається на тонке сортування, призначене для видалення забруднень волокнистого характеру. Першим апаратом для тонкого сортування встановлюється напірна сортувалка STU закритого типу (10). Очищена маса подається на напірний ящик, а відходи направляються на вібрсортувалку відкритого типу (11), після якої відходи направляються у відвал, а вода із волокном, очищена від крупних включень, поступає в збірник реєстрових вод.

Після етапів тонкого очищення та сортування маса поступає на напірний ящик папероробної машини. Формування полотна відбувається з грудного валу (12) на початку сіткового столу. Після нього йде формувальна дошка (13), на якій відбувається початкове видалення води. Наступним елементом сіткового столу є система гідропланок (14). Подальше зневоднення відбувається за рахунок відкритих мокрих ящиків (15), мокрих ящиків із додатковим вакуумом (16) та відсмоктуючих ящиків (17). Зневоднення на сітковому столі завершується на гауч-валі (18).

Паперове полотно, сформоване на сітковій частині, із сухістю 18 %, направляється на пресову частину. Вона представлена чотирьохвальним пресом «Tri-nip» (19) з трьома зонами пресування.

Сушильна частина машини представлена у вигляді поєднання однорядного розташування циліндрів (20) на етапі попереднього сушіння та досушування, а також дворядного розташування сушильних циліндрів (22), що зсередини підігріваються парою, із контактним видом сушіння. На етапі

попереднього сушіння та досушування паперового полотна між сушильними циліндрами встановлено вакуумні вали (21) для стабілізації паперового полотна в процесі сушіння. в процесі сушіння також проводиться повехневе проклеювання розчином натрій карбоксиметилцелюлози на клеїльному пресі (23).

Останнім елементом процесу сушіння встановлюється холодильний циліндр (24) для охолодження сформованого паперу, надання йому пластичності та необхідної вологості, а також передбачення виникненню електростатичного заряду при подальшому каландруванні.

Машинна обробка паперу відбувається софткаландрі (25). Папір після каландрування проходить накат (26), надходить на поздовжньо-різальний верстат (27), рулонно-різальний станок (28) та рулонно-пакувальний станок (29), а далі на склад готової продукції.

### **Перероблення обігового браку**

З метою розволокнення сухого машинного браку, що утворюється в процесі сушіння і оброблення паперу, встановлено гідророзбивач сухого браку (30). Процес розпуску відбувається за використання обігової води, що надходить з басейну реєстрових вод. Розволокнена маса надходить на пульсаційний млин (31) з метою дороспуску, а далі в басейн браку (32), в який також надходить згущений мокрий брак і скоп з дискового фільтру (33). З басейну браку через дозатор маса в кількості не більше 5–6% надходить в композиційний басейн.

### **Використання обігових вод**

Регістрові води, які багаті волокном ( $C_{\text{вол}} = 0,17 \%$ ), призначені для використання з метою розбавлення маси в гідророзбивачах хвойної та бавовняної целюлози і сухого браку, в змішувальних насосах №1 і №2, а вода з більш низьким вмістом волокна ( $C_{\text{вол}} = 0,1 \%$ ) має використовуватися в жолобах батареї центриклинерів. Вода з басейну надлишкової води подається на

прояснення, після чого її можна, за умови додаткового прояснення, використовувати замість свіжої води.

### 3.2.1 Розрахунок секундної ріжучої довжини $L_s$ та кількості млинів

Початковий ступінь млива ( $^{\circ}\text{ШР}$ ) для бавовняної целюлози 18, кінцевий 55 - 60. Для розрахунку використаємо ступінь млива  $60^{\circ}\text{ШР}$ .

Вихідні дані[24]:

- ширина ножа ( $a$ ) – 5 мм;
- ширина канапки ( $b$ ) – 5 мм;
- кут нахилу першого ножа в сегменті ( $\alpha$ ) –  $0^{\circ}$ ;
- кількість сегментів на диску ( $m$ ) – 18 шт.;
- зовнішній діаметр гарнітури ( $D$ ) – 1000 мм;
- внутрішній діаметр гарнітури ( $d$ ) – 450 мм;
- частота обертання ротора ( $n$ ) –  $600 \text{ хв}^{-1}$ ;

Один сегмент на диску займає:

$$\beta = 360/18 = 20^{\circ}$$

Сегмент дискового млина зображено на рис. 3.2.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$z_p$	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
$z_c$	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
1	17,57	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	29,24	23,52

Для розрахунку секундно ріжучої довжини гарнітури скористаємося формулою[24]:

$$L_s = \sum_{i=1}^m z_{pi} \cdot z_{ci} \cdot l_i \cdot n \cdot m^2$$

де  $z_{pi}$  та  $z_{ci}$  – кількість ножів  $i$ -тої ділянки;

$l_i$  – довжина твірної  $i$ -тої ділянки;

$n$  – частота обертання ротора;

$m$  – кількість сегментів на диску.

$$L_s = 18^2 \cdot \frac{600}{60} \cdot 2 \cdot (17 \cdot 17 \cdot 17,57 + 16 \cdot 16 \cdot 29,24 + 15 \cdot 15 \cdot 29,24 + 14 \cdot 14 \cdot 29,24 + 13 \cdot 13 \cdot 29,24 + 12 \cdot 12 \cdot 29,24 + 11 \cdot 11 \cdot 29,24 + 10 \cdot 10 \cdot 29,24 + 9 \cdot 9 \cdot 29,24 + 8 \cdot 8 \cdot 23,52) = 287,46 \text{ км/с}$$

Вихідні дані для розрахунку кількості млинів[20]:

- початковий ступінь млива - 18°ШР;
- кінцевий ступінь млива – 60°ШР;
- вид напівфабрикату – бавовняна целюлоза;
- секундна ріжуча довжина – 287460 м/с.

В табл. 3.6 наведено середнє значення питомої енергоємності при розмелюванні волокнистих напівфабрикатів[25].

Таблиця 3.6

Вид ВНФ	Середня питома енергоємність, $E_N$ , МДж/(т·°ШР)	
	Ділянка 1 (18-28°ШР)	Ділянка 2(28-60°ШР)
Бавовняна целюлоза	53,33	18,89

Розраховуємо корисну потужність розмелювання  $N_p$ , яка забезпечить отримання заданої продуктивності[26]:

$$N_p = Q \cdot (E_{N1} \cdot \Delta^\circ\text{ШР} + E_{N2} \cdot \Delta^\circ\text{ШР})$$

де  $Q = 320$  т/добу – продуктивність потоку.

$$\Delta^\circ\text{ШР} = \Delta^\circ\text{ШР}_{\text{кінцеве}} - \Delta^\circ\text{ШР}_{\text{початкове}}$$

$$E_{N1} = 53,33 \text{ МДж/(т·°ШР)} \quad \Delta^\circ\text{ШР}_1 = 28 - 18 = 10^\circ\text{ШР}$$

$$E_{N2} = 18,89 \text{ МДж/(т·°ШР)} \quad \Delta^\circ\text{ШР}_2 = 60 - 28 = 32^\circ\text{ШР}$$

$$N_p = 320 \cdot (53,33 \cdot 10 + 18,89 \cdot 32) = 364090 \text{ МДж/добу}$$

Переведемо 364090 МДж/добу в МДж/с, таким чином, в 1 добі – 86400 с, отже:

$$N_p = 364090 / 86400 = 4,21 \text{ МВт}$$

Приймаємо оптимальне питома навантаження на кромки ножів:

$$B_N = 2,8 \text{ Дж/м}$$

Розраховуємо кількість млинів для потоку:





$$n = \frac{N_p}{B_N \cdot L_s} = \frac{4,21 \cdot 10^6}{2,8 \cdot 287460} = 5,23 \approx 6 \text{ млинів.}$$

Отже, для розмелювання бавовняної целюлози потрібно встановити 6 млинів.

### 3.2.2 Вибір основного технологічного обладнання

Плоскосіткова папероробна машина фірми Parcel. Технічні характеристики:

- обрізна ширина – 4200 мм;
- максимальна необрізна ширина – 4600 мм;
- швидкість за приводом – 1000 м/хв;
- робоча швидкість – 800 м/хв;

Папероробна машина складається з наступних частин: сіткової, пресової і сушильної. Плоскосіткова основна частина оснащена формуючою дошкою, гідропланками, мокрими ящиками відкритого типу, мокрими ящиками з додатковим вакуумом і відсмоктувальними ящиками. Продуктивність паперової машини розраховується за формулою:

$$Q = 0,06 \cdot B \cdot V \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де 0,06 – коефіцієнт для переведу хвилинної швидкості в годинну і маси листа, вираженого в г/м<sup>2</sup>, в кг;

Q – продуктивність машини;

B – обрізна ширина паперового полотна – 4200 мм;

V – робоча швидкість машини на накаті, - 800 м/хв;

g – маса 1 м<sup>2</sup> паперу, - 200 г;

K<sub>1</sub> – коефіцієнт, що враховує холостий хід машини, K<sub>1</sub>=0,9;

K<sub>2</sub> – коефіцієнт виходу паперу: K<sub>2</sub>=0,95– 0,98 (прийнято для розрахунку 0,98).

Продуктивність паперової машини за годину:

$$Q = 0,06 \cdot B \cdot V \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2 = 0,06 \cdot 4,2 \cdot 800 \cdot 200 \cdot 0,9 \cdot 0,98 = 35562,24 \text{ кг/год} = 35,56 \text{ т/год}$$

Продуктивність папероробної машини на добу:

$$Q_{\text{доб}} = Q \cdot t = 35,56 \cdot 22,5 = 800,1 \text{ т/добу.}$$

Продуктивність папероробної машини на рік:

$$Q_{\text{річ}} = Q \cdot t = 800,1 \cdot 345 = 276034,5 \text{ т/рік.}$$

#### TRI-NIP мульти-пресова частина

Технічна характеристика:

- Макс. довжина корпуса валів – 5 100 мм;
- Макс. відстань між підшипниковими вузлами – 6 350 мм;
- Макс. лінійний тиск – 1 200 Н/мм;
- Швидкість за приводом – 1 000 м/хв.;
- Сухість паперового полотна після пресової частини з модулем башмачного преса – мін. 50 %.

#### Сушильна частина

Технічна характеристика:

- Діаметр сушильних циліндрів – 1500 мм;
- Діаметр вакуумних камер – 1200 мм;
- Рекомендований вакуум – -2...-3 кПа.

#### Вертикальний гідророзбивач LCV-65 (для хвойної целюлози)

Технічна характеристика:

- Об'єм ванни – 30 м<sup>3</sup>;
- Продуктивність – 400...650 т/добу;
- Потужність електродвигуна – 315 кВт;
- Загальна маса – 12300 кг.

Кількість:  $P_{\text{хв}}/P_{\text{LCV30}}=480/650=0,74 \approx 1$  гідророзбивач.

#### Вертикальний гідророзбивач LCV-40 (для бавовняної целюлози)

Технічна характеристика:

- Об'єм ванни – 40 м<sup>3</sup>;
- Продуктивність – 290...400 т/добу;
- Потужність електродвигуна – 400 кВт;
- Загальна маса – 14200 кг.

Кількість:  $P_{\text{бав}}/P_{\text{LCV40}}=320/400=0,8\approx 1$  гідророзбивач.

Очисник маси SVS-25-A

Технічна характеристика:

- Пропускна здатність – 2000...2500 л/хв.;
- Тиск на вході – 300 кПа;
- Максимальна концентрація – 4,5%;
- Продуктивність – 165 т/добу;
- Розміри – 2850x890x485 мм;
- Маса – 290 кг.

Кількість:  $P_{\text{хв}}/P_{\text{SVS25A}}=480/165=2,9\approx 3$  очисники маси.

Дискові млини здвоєні МДС-33 (для бавовняної целюлози)

Технічна характеристика:

- Окружна швидкість ротора – 31,4 м/с;
- Діаметр гарнітури – 1000 мм;
- Продуктивність – 110...400 т/добу;
- Частота обертів – 600 об/хв.

Кількість:  $P_{\text{cell}}/P_{\text{МДС33}}=320/400=0,8\approx 1$  млин.

Дискові млини здвоєні МДС-44 (для хвойної целюлози)

Технічна характеристика:

- Окружна швидкість ротора – 32,7 м/с;
- Діаметр гарнітури – 1200 мм;
- Продуктивність – 185...650 т/добу;
- Частота обертів – 500 об/хв.

Кількість:  $P_{\text{cell}}/P_{\text{МДС44}}=480/650=0,74\approx 1$  млин.

Система вихрових конічних очисників УВК-500-04

Технічна характеристика:

- Пропускна здатність – 1900 л/хв.;
- Діаметр очисників – 305 мм;
- Кількість очисників:

1 ступінь – 26;

2 ступінь – 10;

3 ступінь – 4;

– Продуктивність – 500 т/добу.

Кількість:  $P_{\text{cell}}/P_{\text{УВК500}}=800,1/500=1,6\approx 2$  системи вихрових очисників.

#### Сортувалка закритого типу STU-381

Технічна характеристика:

– Пропускна здатність –  $23\ldots 32 \text{ м}^3/\text{хв.}$ ;

– Продуктивність – 195...440 т/добу;

– Робоча концентрація – менше 1,5%;

– Потужність електродвигуна – 160 кВт;

– Габаритні розміри – 2300х3043х2164 мм;

– Маса – 6425 кг.

Кількість:  $P_{\text{cell}}/P_{\text{STU-381}}=800,1/440=1,82\approx 2$  сортувалки.

#### Вібросортувалка типу VP

Технічна характеристика:

– Розмір сіткової частини –  $1,38 \text{ м}^2$ ;

– Рекомендована концентрація – 0,6...2%;

– Перфорація сітки – 1,8...10 мм;

– Потужність електродвигуна – 3 кВт;

– Кількість обертів –  $1450 \text{ хв.}^{-1}$ ;

– Маса машини – 1000 кг.

#### Дисковий фільтр DF-370 8/9 безсітковий

Технічна характеристика:

– Продуктивність на подачі 200 т/добу.

– Концентрація маси, %:

що надходить – 1,15;

згущеної без розбавлення – 5;

– Площа фільтра –  $132,9 \text{ м}^2$ .

### Машиинний басейн

Технічна характеристика:

- Об'єм ванни –  $300 \text{ м}^3$ ;
- Діаметр басейну – 6,7 м;
- Діаметр мішалки – 1,8 м;
- Частота обертання –  $2,17 \text{ с}^{-1}$ ;
- Потужність двигуна – 75 кВт.

### Горизонтальний гідророзбивач для сухого браку типу НВ-20

Технічна характеристика:

- Об'єм ванни –  $20 \text{ м}^3$ ;
- Продуктивність, сухого браку – 11,5...16,0 т/добу;
- Потужність електродвигуна – 200 кВт;
- Загальна маса – 9430 кг.

### Ентитипнер ЕІК

Технічна характеристика:

- Масовий потік без рециркуляції – 22 т/добу;
- -- з рециркуляцією – 750 л/хв.;
- Концентрація – 3%.

### Басейн оборотного браку

Технічна характеристика:

- Об'єм ванни –  $200 \text{ м}^3$ ;
- Діаметр басейну – 5,8 м;
- Діаметр мішалки – 1,5 м.;
- Частота обертання –  $3 \text{ с}^{-1}$ ;
- Потужність двигуна – 55 кВт.

### Гауч-мішалка

Технічна характеристика:

- Двигун – 110 кВт.
- Діаметр ротора – 850 мм.
- Потужність перемішуючого пристрою – 22 кВт.

- Кількість обертів –  $1000 \text{ хв}^{-1}$ .

#### Згущувач браку шаберний СШ-25-01

Технічна характеристика:

- Продуктивність – 40 – 60 т/добу
- Концентрація маси,%:
  - що надходить 0,4 – 1,0;
  - згущена – 5–7;
- Параметри сіткового циліндра, м:
  - діаметр – 2,0;
  - довжина – 4,0;
- Площа бічної поверхні – 25 м<sup>2</sup>;
- Габаритні розміри – 6,00 × 3,05 × 2,56 м.

### 3.2.3 Розрахунок теплового балансу

Сушіння паперу здійснювалося контактним способом. Результати теплового балансу наведено в табл.3.7

Таблиця 3.7

Розрахунок контактного сушіння паперу		
<b>Вихідні дані:</b>		
Продуктивність, кг/год	G=	35562
Початкова вологість матеріалу, %	W <sub>1</sub> =	50
Кінцева вологість матеріалу, %	W <sub>2</sub> =	6
Початкова температура матеріалу, °C	t <sub>1</sub> =	20
Початкова температура повітря, °C	θ <sub>1</sub> =	10
Початкова вологість повітря	F <sub>1</sub> =	0,5
Кінцева температура повітря, °C	θ <sub>4</sub> =	80
Кінцева вологість повітря	F <sub>2</sub> =	0,9

Продовження табл.3.7

Температура повітря після теплообмінника, °С	$\theta_2=$	30
Температура гріючої пари, °С	$\theta_{\text{пар}}=$	130
<b>Тепловий баланс сушки</b>		
Стаття прихода/расхода тепла		Кдж/ч
Приход тепла		
1. С паром, паступаючим в сушильные цилиндры		91751278,26
2. С паром, паступаючим в калорифер		11049038,46
3. Тепло использованное в теплообменнике		4964406,746
Всего		107764723,5
Расход тепла		
1. На подогрев материала		7994337,6
2. На сушку во 2-м, 3-м периодах		81837501,19
3. На потери в окружающую среду		557461,0605
4. На потери с неиспользованным воздухом		496440,6746
5. На подогрев воздуха в теплообменнике		4964406,746
6. На потери с уходящим воздухом		11914576,19
Всего		107764723,5
<b>Результаты расчета</b>		
Расход пара в сушильной части, кг/ч	$D_1=$	41792,70119
Расход пара в калориферах, кг/ч	$D_2=$	5032,836287
Общий расход пара, кг/ч	$D=$	46825,53747
Расход пара на 1 кг материала, кг/ч	$D_{\text{уд}}=$	1,316729584



Продовження табл.3.7

Количество воздуха, подаваемого в сушку, кг/ч	$L=$	246369,8672
Количество свежего воздуха, кг/ч	$L_9=$	271006,8539
Поверхность теплопередачи для подогрева сушки, $m^2$	$F_1=$	101,5153981
Поверхность теплопередачи для сушки, $m^2$	$F_{2,3}=$	1325,758822
Общая поверхность теплопередачи, $m^2$	$F=$	1427,27422
Температура воздуха на входе в суш. части, С	$\theta_3=$	74,51302651
Температура материала при сушке с пост. скор., С	$t_2=$	60
Средн. температура материала во 2,3 периодах, С	$t_4=$	78,9
Средн. температура материала, С	$t_5=$	40
Температура материала после сушки, С	$t_3=$	113,55

## **4 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **Фізико-хімічні і санітарно-гігієнічні характеристики шкідливих речовин**

Відповідно до технологічної частини проекту мають місце шкідливі, пожежонебезпечні матеріали та речовини.

Використовується електрична, механічна, теплова енергія, стиснене повітря, внутрішньоцеховий транспорт, стрічкові транспортери.

Під час експлуатації обладнання технологічної лінії на обслуговуючий персонал можуть діяти небезпечні виробничі фактори:

- машин та механізмів, що рухаються;
- незагороджених елементів устаткування, що рухаються.
- переміщення готової продукції;
- підвищена температура та вологість повітря робочої зони;
- небезпечний рівень напруги в електричній мережі.

Шкідливі виробничі фактори:

- підвищена температура поверхні обладнання (в сушильній частині машини);
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень пилу в повітрі робочої зони;
- підвищений рівень статичної електрики;
- недостатня освітленість робочої зони.

### **Пил**

При виробництві паперу і картону утворюється пил, який є шкідливим виробничим чинником, оскільки надає шкідливу дію на слизисту оболонку очей, дихальні шляхи.

Гранично допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони згідно з ГОСТ 12.1.005-88[27]: паперового пилу не повинна

перевищувати  $6 \text{ мг/м}^3$  (IV клас безпеки, особливості дії на організм: А – алергічну, Ф – фіброгенну).

Очищення повітря робочої зони на реконструйованому підприємстві забезпечується загальною обмінною примусовою приточно-витяжною системою вентиляції, та місцевою приточною вентиляцією. Працівники технологічного потоку (якщо є необхідність) забезпечуються респіраторами У-2К.

### **Виробничий шум та вібрація**

Виробничий шум та вібрація надають шкідливу дію на слух людини та його нервову систему. Джерело шуму в цеху – частини машини, що обертаються, насоси, вентилятори, двигуни, великий шум створюють вакуум і повітродувки. Допустиме значення тиску звуку згідно з ДСН 3.3.6.037-99 [28] відповідає 80 дБ.

Контроль за рівнем шуму проводиться 1 раз на рік за допомогою шумоміра ВШВ-004. Найбільший шум в цеху створюється пресовою частиною ПРМ. Як індивідуальний захист застосовують протишумні вкладиші, навушники.

Захист від вібрації забезпечується:

- застосуванням заходів віброзахисту, що знижує дію вібрації на робітників;
- організаційно-технічними заходами, підтримкою високого рівня механічного стану устаткування.

Небезпека ураження електричним струмом

По ступеню небезпеки ураження електричним струмом виробництво відноситься до класу особливо небезпечних приміщень, оскільки приміщення характеризується:

- наявністю вогкості (вологість більше 75%);
- наявністю струмопровідної підлоги;
- наявністю високої температури повітря (35 °C);

- можливістю одночасного дотику людини з механізмами, що мають під'єднання із заземленням, металоконструкцій будівель, механізмів з одного боку і до металевого корпусу електроустаткування з іншого;
- руйнування ізоляції електроустаткування.

З ціллю попередження загрози ураження електричним струмом в проекті передбачено ряд захисних заходів:

- для освітлення басейнів і простору над ковпаком папероробної машини застосовують малу напругу в 12-36 В;
- вибір і установка обладнання проведені з врахуванням умов навколишнього середовища;
- струмовідні частини електрообладнання огорожені і заземлені;
- для захисту від струму перенавантаження і струму короткого замикання застосовуються плавкі запобіжники з релейним захистом;
- все обладнання повинно мати справну ізоляцію.

### **Небезпека дії рухомих деталей машин і механізмів, що обертаються.**

У проектуваному виробництві використовується ряд механізмів, що обертаються, і деталей, які представляють особливу небезпеку для людини. Джерелом травм можуть бути відкриті частини машини. Тому всі відкриті частини механізмів, що обертаються максимально огорожуються спеціальними огорожами.

У реконструйованому об'єкті небезпечною є сушильна частина і поздовжнє різання паперу.

Для попередження загрози на площадках, отворах, вузлах і деталях що обертаються встановлені огорожі.

### **Пожежна безпека**

На технологічному потоці виготовлення паперу виконуються вимоги пожежної безпеки згідно ГОСТ 12.1.004-91 [29], ГОСТ 12.1.018-86 [30], правила пожежної безпеки в Україні та «Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий целлюлозно-бумажной промышленности».

Паперове виробництво – пожежонебезпечне. Пожежа може виникнути внаслідок накопичення статичної електрики, несправності виробничого обладнання, порушення технологічного процесу, течі мастильних матеріалів, пробією електричних кабелів, несправності електрообладнання, що може викликати іскріння, коротке замикання, надмірний нагрів горючої ізоляції кабелів і проводів, порушення. Під час проведення вогневих робіт, паління в заборонених місцях.

Сушильна частина та накат, дільниця обробки паперу небезпечні у пожежному відношенні. Найбільшу небезпеку становить накопичення браку та пилу, теча мастил, висока температура частин обладнання.

Для запобігання небезпеки виникнення пожежі на ПРМ стан обладнання постійно контролюється та постійно підтримується в справному стані. Не допускається накопичення браку та пилу в сушильній частині та накаті ПРМ і біля поздовжньо-різального верстату. Очистку обладнання сушильної частини, накату від браку та пилу проводять працівники технологічного потоку тільки під час зупинки ПРМ пилоприбиральними установками, які мають вибухозахищене виконання, за допомогою вакууму або скребками з використанням негорючих миючих розчинів.

Осередок пожежі гасять за допомогою вогнегасників та водою з пожежних кранів. Електроустаткування, яке знаходиться під напругою до 1000 В гасять вуглекислотними або порошковими вогнегасниками. На пожежонебезпечному устаткуванні та в пожежонебезпечних місцях, що становлять небезпеку займання або вибуху, вивішені знаки, які забороняють користування відкритим вогнем.

## 5 СТАРТАП ПРОЕКТ

Дані магістерської дисертації покладено в основу стартап-проекту.

### Опис ідеї

Покупці за часту обирають якісну та недорогу продукцію, що зумовлює домінування тієї чи іншої компанії на ринку. Майже всі виробники графічних видів паперу, зокрема креслярського, є імпортерами з інших країн, серед яких є Росія, Німеччина, Італія. Опис ідеї стартапу наведено в табл.5.1[31].

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

<i>Основні ідеї стартапу</i>	<i>Вигода для покупця</i>
1. Двостадійне розмелювання бавовняної целюлози з використанням технології Vi-Vis	Дозволить отримати більш якісний кінцевий продукт, дана технологія допоможе зекономити ресурси на його отримання.
2. Однорядне розташування сушильних циліндрів з вакуумними валами	Дозволить збільшити обсяг виробництва за рахунок підвищення продуктивності потоку.

### Аналіз ринкових можливостей для запуску стартап-проекту

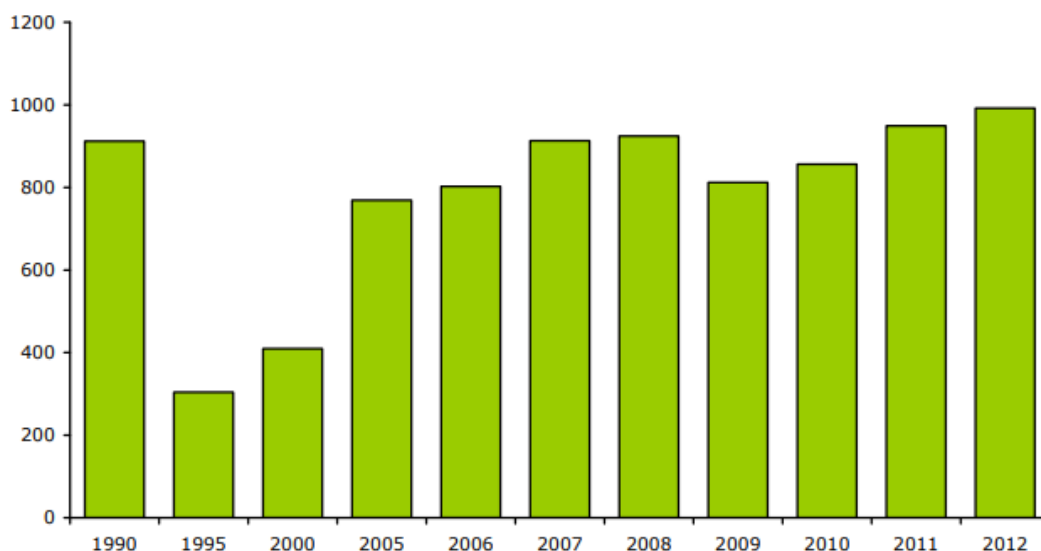


Рис.5.1 – Динаміка виробництва паперу та картону в Україні, тис.тонн

Целюлозно-паперова промисловість є важливою складовою економіки України. Але, на жаль, зараз технологічне обладнання застаріло, бо майже всі підприємства були спроектовані ще в середині 20-го століття. Найбільшого розквіту целюлозно-паперова промисловість зазнала вже у 2010 році після становлення України як незалежної держави та економічної кризи 2008 року. А в сегменті графічних видів паперу Україна в основному покладається на імпорт готової продукції (рис.5.2)[31].

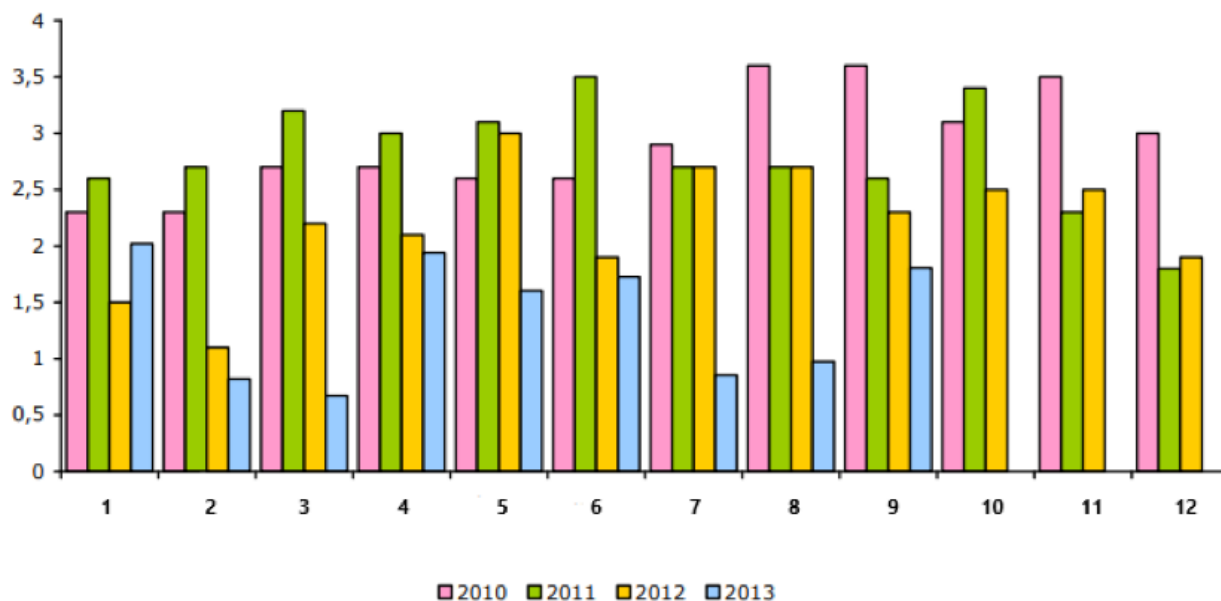


Рис. 5.2 – Помісячна динаміка виробництва графічних видів паперу в Україні протягом 2010-2013 рр., тис.тонн

Характеристика ринку графічних видів паперу, зокрема для креслення, в Україні наведена в табл.5.2.

Таблиця 5.2 – Попередня характеристика ринку

<i>Показники стану ринку</i>	<i>Характеристика</i>
1. Основні конкуренти	Серед українських виробників присутні далеко не лідери на ринку графічних видів паперу. Серед лідерів – компанія «Гознак»(Росія), «Kite»(Німеччина).
2. Динаміка ринку	Зростає.

Продовження табл.5.2

3. Наявність обмежуючих факторів для входу на ринок	Високі потужності підприємств серед лідерів даної галузі.
4. Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації готової продукції.	Наявні.
5. Норма рентабельності	6,8%.

Прогнози на розвиток паперової продукції в Україні – рівномірний та стабільний приріст попиту на дану продукцію.

Таблиця 5.3 – Характеристика потенційних споживачів стартап-проекту

<i>Потреба для формування ринку</i>	<i>Цільова аудиторія</i>	<i>Відмінності у поведінці потенційних споживачів</i>	<i>Вимоги до товару з боку споживачів</i>
Використання у процесі виробництва графічних видів паперу	Фізичні особи-підприємці	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технічний регламент;</li> <li>• Цінова політика;</li> <li>• Неналагоджена система закупівлі.</li> </ul>	1. До продукції – відповідність ТУ; 2. До постачальника – оформлення пакету документів на умовах купівля-продаж.
	Виробники графічних видів паперу	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технічний регламент;</li> <li>• Цінова політика;</li> <li>• Налагоджена система закупівлі.</li> </ul>	1. До продукції – відповідність ТУ 2. До постачальника – заключення договору про співпрацю.



Таблиця 5.4 – Фактори загроз

<i><b>Фактор</b></i>	<i><b>Зміст загрози</b></i>	<i><b>Можлива реакція</b></i>
1. Війна.	Відносини між країнами.	Розробка інших каналів збуту готової продукції.
2. Рівень розвитку підприємства.	Обмеження в асортименті продукції, що виробляється.	Модернізація або реконструкція підприємства.
3. Інновації з боку конкурентів.	Створення нової продукції, зменшення попиту на стару.	Обмін досвідом з провідними компаніями в ЦПП.
4. Завищена ціна.	Зменшення попиту.	Запровадження системи знижок для компаній-партнерів.
5. Зміна персоналу.	Некваліфіковані спеціалісти.	Проведення тренінгів для підвищення кваліфікації.
6. Непорозуміння в колективі	Випуск неякісної продукції.	Впровадження системи штрафів.
7. Випуск неякісного кінцевого продукту.	Система оцінки якості не дає необхідного результату.	Відшкодування в розмірі, встановленого клієнтом, контроль за якістю продукції.
8. Соціальні мережі та ЗМІ.	Розголошення комерційної таємниці.	Захист інформації.
9. Погодні умови.	Проблеми з поставкою сировини.	Додавання в договір про співпрацю пункту «форс-мажор».

Серед загроз, що будуть виникати постійно, будуть інновації з боку конкурентів, тому для утримання продукції на ринку постійно необхідно буде проводити модернізацію підприємства та власне продукції а також проводити обмін досвідом з провідними лідерами в галузі.

Таблиця 5.5 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i><b>Особливості конкурентного середовища</b></i>	<i><b>В чому проявляється дана характеристика</b></i>	<i><b>Вплив на діяльність підприємства</b></i>
1. Тип конкуренції – монополістична.	Особливості продукції, що виготовляється.	Розроблення продукції з високими показниками якості.
2. За рівнем конкурентної боротьби – спочатку національна, потім – міжнародна.	Орієнтація на державний та міжнародний ринок.	Поширення своєї продукції як всередині країни, так і за її межами.
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева.	Боротьба між виробниками товарів, які діють в межах однієї галузі.	Використання новітніх технологічних рішень, проведення модернізації підприємства.
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова.	Конкуренція між однаковими видами продукції.	Виготовлення більш якісного паперу; використання реклами для збільшення попиту на продукцію.
5. За характером конкурентних переваг – нецінова.	На основі якості продукції, що виготовляється.	Передбачає вищу, ніж у конкурентів, якість готової продукції.
6. За інтенсивністю - марочна.	Вплив відомих виробників.	Підвищення впливу власного бренду серед виробників даної продукції; розширення асортименту з різними інноваційними рішеннями.

Таблиця 5.6 – Порівняльна характеристика сильних та слабких сторін

<b>Фактор конкурентноспроможності</b>	<b>Рейтинг товарів-конкурентів</b>						
	<b>-3</b>	<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>+2</b>	<b>+3</b>
1. Якість готової продукції.						✓	
2. Собівартість та ціна.							✓
3. Асортимент.		✓					
4. Знижки та програми лояльності для партнерів.					✓		

Основною перевагою, у порівнянні з конкурентами, є нижча ціна, бо не потрібно витрачати кошти на імпорт продукції.

Таблиця 5.7 – SWOT-аналіз стартап-проекту

<b>Сильні сторони</b>	<b>Слабкі сторони</b>
1. Висока якість готової продукції. 2. Відсутність лідерів з виробництва даного товару в межах нашої країни. 3. Зростання попиту на продукцію. 4. Ціна.	1. Вплив відомих брендів. 2. Економічне становище в країні. 3. Обмеження в асортименті.
<b>Можливості</b>	<b>Загрози</b>
1. Обмін досвідом з компаніями, що є лідерами галузі. 2. Розширення асортименту. 3. Чіткий контроль якості. 4. Експорт готової продукції після нарощення потужностей всередині країни.	1. Відносини між країнами. 2. Інновації з боку конкурентів. 3. Некваліфіковані спеціалісти.

Таблиця 5.8 – Альтернативи впровадження стартап-проекту

<b>Комплекс заходів поведінки на ринку</b>	<b>Конкуренція</b>	<b>Строки виконання</b>
1. Накопичення виробничих потужностей підприємства.	Відсутня.	1–2 роки.

Продовження табл.5.8

2. Розширення клієнтської бази всередині країни.	Присутня, середня.	2–3,5 роки.
3. Вихід на міжнародний ринок.	Присутня, значна.	3,5-5 років.

**Розробка ринкової стратегії стартап-проекту**

Таблиця 5.9 – Вибір цільових груп потенційних споживачів товару

<i>Цільова група споживачів</i>	<i>Готовність сприйняти товар</i>	<i>Попит на продукцію</i>	<i>Конкуренція в сегменті</i>	<i>Можливість входу на ринок</i>
Фізичні особи-підприємці	Присутня.	Значний попит.	Незначний рівень конкуренції.	Висока, не достатньо високий рівень конкуренції.
Виробники	Присутня.	Значний попит.	Незначний рівень конкуренції.	Важко, на ринку є лідери з виготовлення продукції

Таблиця 5.10 – Визначення базової стратегії розвитку

<i>Обрана альтернатива розвитку</i>	<i>Стратегія захоплення ринку</i>	<i>Програма для впливу на ринку</i>	<i>Основна стратегія розвитку</i>
Нарощення виробничих потужностей	Диференційований маркетинг	Для кожного сегменту розроблюється унікальна програма ринкового впливу.	Стратегія диференціації

Таблиця 5.11 – Визначення меж цін на готову продукцію

<i>Ціни на товари-замінники</i>	<i>Ціни на товари-аналоги</i>	<i>Рівень доходу цільових груп</i>	<i>Ціни на продукцію, що виготовляється</i>
13200-14500 грн./т	17000-18250 грн./т	Високий	15000-16500 грн./т

Таблиця 5.12 – Ринки збуту продукції

<i>Специфіка поведінки закупівлі</i>	<i>Функції збуту, необхідні для виконання</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
Клієнт періодично або на постійній основі проводить замовлення з наданням повного пакету документів	Оформлення всіх необхідних документів; надання чіткої, достовірної інформації; своєчасна доставка замовленого товару.	Прямий канал розподілу.	Власна.

### Висновки щодо стартап-проекту

Згідно з результатами проведеного аналізу ринку, встановлено:

- комерціалізація стартап-проекту можлива, бо попит на продукцію є, конкуренція незначна в даному сегменті, динаміка ринку зростаюча;
- перспективи є, так як є цільові групи для збуту продукції і майже відсутня конкуренція серед виробників всередині країни;
- першим етапом розвитку підприємства стане нарощування потужностей, а також піар продукції для підвищення попиту на неї;
- даний стартап-проект є достатньо вигідним.

## ВИСНОВКИ

1. Обрано основні технічні умови на напівфабрикати, хімікати та готову продукцію для виробництва паперу для креслення – хвойну целюлозу, бавовняну целюлозу, натрій карбоксиметилцелюлозу, папір для креслення;

2. Розроблено технологічну лінію з виробництва паперу для креслення із підвищеним терміном зберігання шляхом:

- вибору композиції паперу: 60% - хвойна сульфатна вибілена целюлоза, 40% - бавовняна целюлоза;

- підготовки бавовняної целюлози в два ступені розмелювання: укорочення волокна на апараті Vi-Vi; фібриляція здійснюється в неперервному потоці послідовно встановлених дискових млинів, що оснащено гарнітурою з алмазомісткого композиційного матеріалу. Це забезпечує зменшення витрати електроенергії та кращу керованість процесу;

- розробки конструкції сушильної частини папероробної машини, що на етапі попереднього сушіння та досушування має UNO групи сушильних циліндрів з вакуумними камерами, що забезпечують вищу швидкість папероробної машини, більшу продуктивність та меншу обривність паперового полотна.

3. Наведено та описано технологічну схему виробництва паперу для креслення із підвищеним терміном зберігання; розраховано секундну ріжучу довжину та кількість млинів у потоці розмелювання бавовняної целюлози.

4. Розраховано та обрано основне технологічне обладнання для виробництва.

5. Запропоновано основні заходи з техніки безпеки на виробництві та проведено аналіз потенційно негативних та шкідливих речовин та виробничих факторів на підприємстві.

6. Запропоновано стартап-проект виробництва паперу для креслення на основі аналізу ринку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. M. Dochia, Z. Roskwitalski – Cotton fibres // Handbook of Natural Fibres: Types, Properties and Factors Affecting Breeding and Cultivation, 2012/ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845696979500023> (Дата звернення: 08.10.2020).
2. Бумага для печати, содержащая хлопковую целлюлозу – Новиков А.О., Дубоделова Е.В., Новосельская О.А. та ін../ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/20716/1/7.Novikov.pdf> (Дата звернення: 8.10.2020).
3. Anish M. Varghese, Vikas Mittal – Surface modification of natural fibers// Biodegradable and Biocompatible Polymer Composites, 2018/ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081009703000055> (Дата звернення: 8.10.2020).
4. YEEL MOGANZY – Friction and surface characteristics of cotton fibers// Friction in Textile Materials, Woodhead Publishing Series in Textiles, 2008, Pages 225-252
5. Размол волокнистых полуфабрикатов с использованием гарнитуры с ударным эффектом – Кожухов В.А., Карбышев М.А., Алашкевич Ю.Д./ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/razmol-voloknistyh-polufabrikatov-s-ispolzovaniem-garnitury-s-udarnym-effektom/viewer> (Дата звернення 10.10.2020).
6. Набиева, А.А. Оценка влияния и совершенствования основных технологических параметров ножевых размалывающих машин: дис. канд. техн. наук.-: опубл. 05.12.03: защищена 14.09.04 / А.А. Набиева. Красноярск, 2004. 182 с. (Дата звернення 10.12.2020).
7. Исследование бумагообразующих свойств волокнистой массы прииспользовании гарнитуры с криволинейной формой ножей – Шуркина

В.И., Марченко Р.А., Федорова О.Н., Алашкевич Ю.Д./ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-bumagoobrazuyuschih-svoystv-voloknistoy-massy-pri-ispolzovanii-garnitury-s-krivolineynoy-formoy-nozhey/viewer> (Дата звернення 10.10.2020).

8. Исследование параметров размола на бумагообразующие свойства целлюлозы – Кашин А.Н., Темрук В.И., Соловьева Т.М. та ін./ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-parametrov-razmola-na-bumagoobrazuyushchie-svoystva-tsellyulozy/viewer> (Дата звернення: 11.10.2020).

9. Бывшее А. В., Савицкий Е. Е. Механическое диспергирование волокнистых материалов. —• Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1991. — 210 с.

10. Патент України на корисну модель UA 31281 А. СПОСІБ БАГАТОСТУПІНЧАСТОГО БЕЗПЕРЕРВНОГО РОЗМЕЛЮВАННЯ ВОЛОКНА / Мовчанюк О. М., Астратов М. С.. – заявл. 28.07.1998; опубл. 15.12.2000. – Бюл. № 7, 2000 р.

11. Особенности экструзии в двухшнековых экструдерах – А. Масюк / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.replast-ltd.com/ru/osobennosty-ekstruzyy-na-dvuhshnekovyh-ekstruderah/> (Дата звернення 09.12.2020).

12. Лаптев Л. Н., Рюхин С. Н., Нефедов Ю. Е. Состояние и тенденции развития производства мешочной бумаги. — М.: ВНИПИЭИлеспром, 1990. — 40 с.

13. Двухшнековая экструзия: особенности и преимущества/ Линии и технологии// [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.clextral.com/ru/> (Дата звернення 17.10.2020).

14. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т.Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. — СПб.: Политехника, 2005.— 423 с.: ил.



15. Сушка бумаги/ Технология бумаги// [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studizba.com/lectures/107-himija/1439-tehnologija-bumagi/26633-47-sushka-bumagi.html> (Дата звернения 13.10.2020).

16. Сушка бумажных полотен с применением вакуума / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/MPK/D/D21/D21F/D21F5/D21F514> (Дата звернения 29.10.2020).

17. Новая технология сушки бумаги от VTT и Metso/ Новости мировой ЦБП// [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://sbo-paper.ru/news/archive\\_world/10438/](https://sbo-paper.ru/news/archive_world/10438/) (Дата звернения 22.10.2020).

18. Современные технологии варки и отбелки хлопковой целлюлозы/ Технология бумаги// [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studizba.com/lectures/107-himija/1439-tehnologija-bumagi/26617-23-sovremennye-tehnologii-varki-i-otbelki-hlopkovoj-celljulozy.html> (Дата звернения 27.10.2020).

19. UNO группа сушильных цилиндров/ Машинное оборудование// [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.papcel.cz/ru/produkty/papir/psaci-papir/paper-machine/machinery-and-equipment/drying-part/uno-skupina-susicich-valcu/> (Дата звернения 29.10.2020).

20. Бумага чертежная. Технические условия: ГОСТ 597-73. - Издание официальное. - М. : ИПК Издательство стандартов, 2018. - 5 с.

21. Целлюлоза сульфатная беленая из хвойной древесины. Технические условия: ГОСТ 9571-89. - Издание официальное. - М. : ИПК Издательство стандартов, 1989. - 8 с.

22. Целлюлоза хлопковая. Технические условия: ГОСТ 595-79 - Издание официальное. - М. : ИПК Издательство стандартов, 1980. - 12 с.

23. Натрий-карбоксиметилцеллюлоза/ Хим-пэк// [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.chempack.ru/ru/chemical-raw-materials/nakarboksimitiltsellyuloza.html> (Дата звернения: 08.11.2020).

24. Легоцкий С. С., Лаптев Л. Н. Размол бумажной массы. – М.: Лесн. пром - сть, 1981. – 93 с.
25. Исследование размалывающей способности и бумагообразующих свойств хлопковой целлюлозы – Новиков А.О., Темрук В.И., Соловьева Т.М. та ін./ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-razmalyvayuschey-sposobnosti-i-bumagoobrazuyuschih-svoystv-hlopkovoy-tsellyulozy/viewer> (Дата звернення: 11.10.2020).
26. Легоцкий С. С., Гончаров В. Н. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы. — М.: Лесная промышленность, 1990. — 220 с.
27. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны / МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608> (Дата звернення: 11.10.2020).
28. Санитарные нормы производственного шума, ультразвука и инфразвука / Министерство охраны здоровья (МОЗ) / Дата принятия 01.12.1999 // [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=48147](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=48147) (Дата звернення: 11.10.2020).
29. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования зоны / МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/9051953> (Дата звернення: 11.10.2020).
30. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования / МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/5200318> (Дата звернення: 11.10.2020).
31. Огляд ринку паперу станом на 2013 рік, демо-версія – Маркетингова компанія «Синергія», 2013. – 17 с.

## ДОДАТОК А

XIX міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

УДК 676.034.6:676.2.026.5

### УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА

Магістрант Горяной С.В., к.т.н., доц. Мовчанюк О.М.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Процес сушіння паперового полотна призначений для остаточного його зневоднення шляхом випаровування вологи. Крім того, в міру випаровування вологи, під час сушіння відбувається подальше зближення волокон з утворенням водневих зв'язків, від кількості яких залежать фізико-механічні показники готового паперу (щільність, міцність, вбирна здатність, повітропроникність тощо) [1].

Найбільш розповсюдженим є контактний спосіб сушіння паперового полотна, на поверхні гарячих сушильних циліндрів. Не дивлячись на те, що цей спосіб є досить дороговартісним, а така сушильна частина сучасної папероробної машини є досить металоємною, споживає багато електроенергії і займає багато місця, жоден з відомих способів не може повністю витіснити спосіб контактного сушіння паперу.

Зазвичай сушильна частина папероробної машини (ПРМ) складається з двох рядів сушильних циліндрів, що обігріваються парою і розташовані в шаховому порядку. Але при роботі машини на високих швидкостях в пазах напрямних валів виникає тиск (в одному – від'ємний, в іншому – надлишковий), під дією якого паперове полотно відстає від сітки, що може призводити до його обриву або утворення складок та інших дефектів [2].

З метою запобігання даного небажаного явища в напрямних валах підтримують невеликий вакуум (рис. 1) [2]. Однорядне компонування сушильних циліндрів є сучасним технічним рішенням і застосовується на високошвидкісних ПРМ. Його перевагою є те, що папір протягом всього

процесу сушіння притискається сіткою до сушильного циліндру за рахунок вакууму, створеного вакуумним валом, і за рахунок стабілізуючих камер в міжциліндровому просторі (які зазвичай використовуються при більш високих швидкостях машини). Тому однорядна компоновка сушильних циліндрів є більш вигідним рішенням з точки зору працездатності машини (знижується ймовірність обривності паперового полотна в сушильній частині). Також завдяки притисканню паперового полотна по всій довжині сушильного циліндра зменшується ймовірність усадки полотна і тим самим поліпшується профіль виготовленого паперу [3].

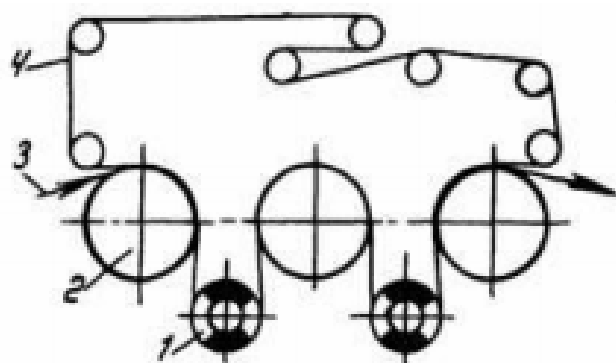


Рис. 1. Однорядна компоновка сушильних циліндрів з вакуумними валами: 1 – вакуумний вал; 2 – сушильний циліндр; 3 – паперове полотно; 4 – сушильна сітка

Важливим для встановлення однорядного компонування сушильних циліндрів є те, що, за швидкості понад 1200 м/хв виникає сильна конвекція на поверхні сушильних циліндрів та збільшуються відцентрові сили. В даному випадку, обов'язковою умовою є встановлення не лише вакуумних валів, а й стабілізуючих камер для стабілізації паперового полотна в процесі сушіння [3].

Залежно від швидкості машини, виду паперу і наявних інвестиційних ресурсів одноярусне розташування сушильних циліндрів використовується як перша сушильна група в основній сушильній частині або як перша сушильна група в досушувальній частині (після клеїльного або плівкового пресу). Тут однорядне компонування принесе найбільшу користь з точки зору працездатності папероробної машини, оскільки папір в даному місці ще вологий і має тенденцію до обривності.

При проходженні паперу через класичний сушильний циліндр (рис. 2) папір проходить між сушильною сіткою і гарячою сорочкою циліндра, сушильна сітка при цьому притискає папір до гарячої поверхні сушильного циліндра і тим самим збільшується ефективність процесу сушіння. Навпаки, під час проходження паперового полотна через вакуумний вал папір притискається до нього за рахунок вакууму. При цьому частина пари, що утворюється в результаті проходження полотна по сушильному циліндру, відсмоктується в напрямку до циліндру. Проходження паперу в міжциліндровому просторі стабілізується за допомогою спеціальних камер. Принцип роботи вакуумного валу показано на рис. 3.

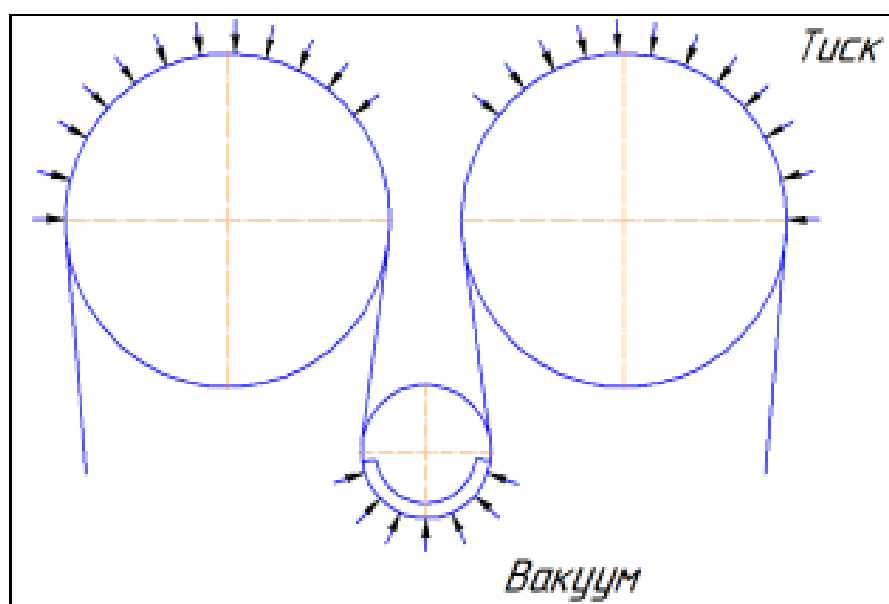


Рис. 2. Принцип проходження паперового полотна по вакуумному валу

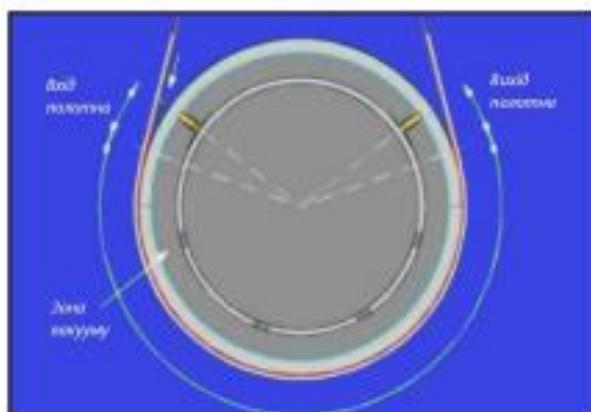


Рис. 3. Принцип роботи вакуумного валу

Підведення вакууму до вакуумного валу може бути виконане двома основними способами:

- підведення вакууму здійснює порожниста цапфа циліндра (на стороні обслуговування або приводу), в циліндрі просвердлені отвори (до отворів можуть бути доповнені і канавки для кращого розподілу вакууму на поверхні сорочки циліндра), і ці циліндри всередині конструкції мають відсмоктувальну зону, що обмежена ущільнюючими планками;

- підведення вакууму здійснюється за допомогою відсмоктувального ящика, що встановлено в просторі між сушильними сітками. Вакуумний вал в даному випадку перфорований і відсмоктування відбувається крізь перфоровану сорочку в напрямку до відсмоктувального ящика, що розташований над валом. Такі ящики зазвичай мають кілька зон і, крім відсмоктувального ефекту у напрямку до циліндрів, мають і бічні стабілізуючі зони з окремою вузькою зоною для заправлення паперу.

Переваги однорусної схеми розташування сушильних циліндрів з вакуумними валами: знижується обривність вологого паперового полотна; формується оптимальний профіль вологості в поперечному напрямку; скорочується довжина ділянки вільного пробігу полотна; спрощується надягання сітки, знижується усадка паперу, поліпшується стабілізація



паперового полотна; полегшується очищення міжциліндрових просторів у випадку, якщо все-таки обрив стався; спрощується встановлення парозволожувача для регулювання профілю вологості (парозволожувач можна встановити проти напрямку руху паперового полотна, що притримується вакуумним валом) [3].

Недоліками однорядного компонування є зниження продуктивності сушіння на одиницю довжини машини (сушильна частина має бути довшою), більш високі витрати на джерело вакууму для вакуумних валів і стабілізаторів і, звичайно ж, більш високі інвестиційні витрати на початку проекту.

Розрахунок діаметра вакуумного вала пов'язаний із загальною концепцією сушильної частини і, головним чином, залежить від розміру сушильних циліндрів (але завжди менше їх). Стандартний діаметр вакуумних валів: 900, 1000, 1200, 1800 мм. Рідше використовуються також і такі діаметри як 1290, 1450 мм. Найбільш типовим конструктивним рішенням однорядного компонування є, наприклад, використання сушильних циліндрів діаметром 1500 мм і вакуумних валів діаметром 1200 мм або комбінація сушильних циліндрів діаметром 1800 мм і вакуумних валів діаметром 1500 мм [3].

Таким чином, однорядна компоновка сушильних циліндрів є сучасним технічним рішенням і встановлюється на високошвидкісних папероробних машинах. Для паперу з низькою масою  $1 \text{ м}^2$  і швидкістю машин від 800 м/хв і для паперу з більшою масою  $1 \text{ м}^2$  і швидкістю машини понад 1000 м/хв доцільним є встановлення однорядної компоновки у першій групі (для попереднього сушіння) та у першій групі для досушування (якщо встановлений клейльний або плівковий прес). Для всіх видів паперу за швидкостей машини понад 1200 м/хв треба користуватися принципом: чим вища швидкість і менша маса  $1 \text{ м}^2$  паперу, тим більше груп з однорядним компонуванням сушильних циліндрів необхідно встановити в сушильній частині.

XIX міжнародна науково-практична конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

**Перелік посилань:**

1. Фляте Д.М. Технологія бумаги: учебник для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 440 с.
2. Сушка бумаги. URL: <https://studizba.com/lectures/107-himija/1439-tehnologija-bumagi/26633-47-sushka-bumagi.html> (Дата звернення: 06.11.2020).
3. UNO группа сушильных цилиндров. URL: <https://www.papcel.cz/ru/produkty/papir/psaci-papir/paper-machine/machinery-and-equipment/drying-part/uno-skupina-susicich-valcu/> (Дата звернення: 06.11.2020).



УДК 676.024.61:676.034.6

**ТЕХНОЛОГІЯ РОЗМЕЛЮВАННЯ БАВОВНЯНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ У  
ВИРОБНИЦТВІ ГРАФІЧНИХ ВИДІВ ПАПЕРУ**

магістрант Горяной С.В., к.т.н., доц. Мовчанюк О.М.

**Національний технічний університет України**

**"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

Бавовняна целюлоза входить до композиції багатьох видів паперу. Її застосовують, коли пред'являються підвищені вимоги до довговічності, у виробництві паперу для креслення, картографічного паперу, основи фотокопіювання, паперу для хроматографічного та електрофоретичного аналізу тощо [1].

Бавовняна целюлоза відрізняється хімічною і термічною стійкістю, довговічністю, стабільністю білості, однак процес її фібриляції, що необхідний для досягнення високих паперотворних властивостей, є значно ускладненим завдяки особливостям будови і хімічного складу бавовняних волокон [2].

Бавовняна целюлоза за своєю будовою і властивостями істотно відрізняється від целюлози з деревини. Волокна бавовни є найміцнішими і найчистішими серед природних волокон, оскільки складаються з альфа-целюлози більш ніж на 90%. Підвищена кристалічність та нативні властивості значно ускладнюють фібрилювання бавовняних волокон, оскільки їх фібрили закручені під кутом 45° до осі волокна [1]. Нативні бавовняні волокна мають різноманітні домішки, які необхідно видаляти. Хімічний склад природних необроблених волокон бавовни представлено в табл.1 [3].

Таблиця 1. Хімічний склад нативних бавовняних волокон

Складов а	Целюлоз а	Білк и	Пектин и	Мінерал и	Воск и	Органіч ні кислоти	Цукр и	Інш е
Вміст, %	94	1,3	0,9	1,2	0,6	0,8	0,3	0,9

Бавовняні волокна мають багатшарову фібрилярну структуру. Вони складаються з первинної і вторинної стінок та проміжного шару (рис. 1) [4]. Більшість нецелюлозних матеріалів присутні у зовнішніх шарах бавовняного волокна. Під мікроскопом бавовняне волокно має вигляд скрученої стрічки або згорнутої та скрученої трубки (рис. 2) [4]. Ці скрутки називаються звивинами: на сантиметр буває близько 60 звивин. Звивини дають бавовні нерівну поверхню волокна. Поперечний переріз бавовняного волокна часто описують як ниркоподібний.

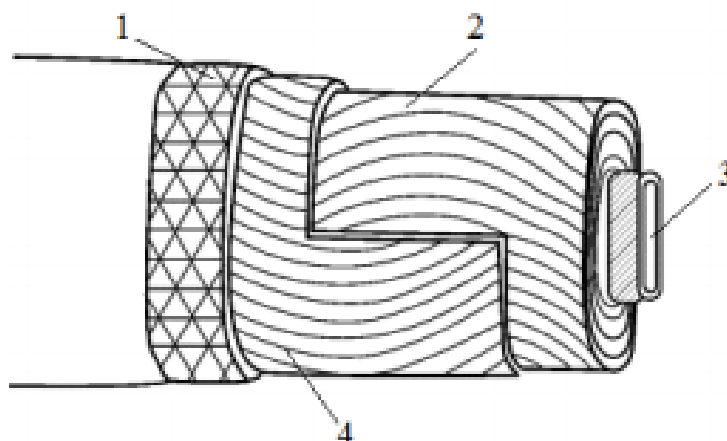


Рис. 2. Анатомічна будова бавовняного волокна: 1 – первинна стінка; 2 – вторинна стінка; 3 – люмен; 4 – проміжний шар

Завдяки неструктурованій орієнтації целюлози та нецелюлозних

матеріалів, поверхня первинної стінки є неорганізованою та відкритою. Це надає гнучкості, що потрібна під час росту клітин. Основними інгредієнтами, що відповідають за взаємозв'язки в первинній стінці, є целюлоза, геміцелюлози, пектини, білки та іони. Вторинна стінка, в якій присутня лише кристалічна целюлоза, є високовпорядкованою і має компактну структуру, з паралельно розташованими волокнами [5].

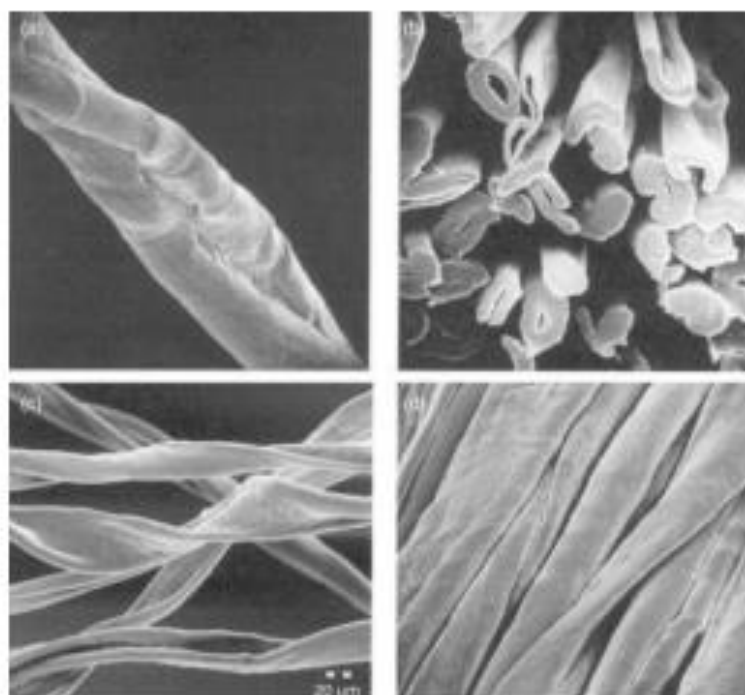


Рис. 2. Вигляд бавовняного волокна під мікроскопом: а – бавовняне волокно, схоже на скручену трубку; б – поперечний переріз бавовняного волокна; с – бавовняне волокно, схоже на згорнуту та скручену стрічку, d – пучок бавовняних волокон

У виробництві паперу для друку автори [1, 2] рекомендують розмелювання бавовняної целюлози здійснювати неперервним способом, у дві стадії. Перша стадія – підготовча, що характеризується суттєвим укороченням волокна, друга – стадія основного розмелювання, що спрямована на переважну



його фібриляцію.

Раніше підготовка бавовняної целюлози виконувалася в розмелювальних машинах періодичного дії (наприклад, в ролах). Компанія «Clextral» (Франція) пропонує технологію BIVIS, що може використовуватися для укорочування волокон бавовни перед основним розмелюванням. Компанія повідомляє про продаж двогвинтових апаратів BIVIS для підприємств, що випускають високосортні та спеціальні види паперу, у тому число банкнотні, з льону, коноплі, бавовни та інших довговолокнустих матеріалів [6].



Рис. 3. Робочі органи двогвинтового апарату BIVIS

Використання технології BIVIS на стадії попереднього розмелювання дозволяє уникнути встановлення громіздкого періодичного обладнання, забезпечує безперервність та автоматизацію процесу, високі показники якості маси і готового паперу, а також на 10 – 15 % знижує питому витрату електроенергії [7].

#### Перелік посилань:

1. Новиков А.О., Темрук В.И., Соловьева Т.В., Горжанов В.В., Дубовик А.А. Исследование размалывающей способности и бумагообразующих свойств хлопковой целлюлозы / Труды БГТУ. Химия и технология переработки древесины,

ХІХ міжнародна науково-практична конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

2012. № 4. С. 157 – 160.

2. Особенности размола хлопковой целлюлозы / А. А. Пенкин [и др.] // Технология органических веществ : тезисы докладов 78-й научно-технической конференции, 3-13 февраля 2014 г. Минск : БГТУ, 2014. - С. 7.

3. *P. Hauser, Textiles and Fashion. Materials, Design and Technology, 2015. 894 p.*

4. *M. Dochia, ... Z. Roskwitalski, in Handbook of Natural Fibres: Types, Properties and Factors Affecting Breeding and Cultivation, 2012.*

5. Ryszard M. Kozłowski. *VI: Handbook of Natural Fibres: Types, Properties and Factors Affecting Breeding and Cultivation, 2012, 656 p.*

6. Pulp processing lines. URL: <https://www.clextral.com/technologies-and-lines/pulp-processing-lines-2/> (Дата звернення: 05.11.2020).

7. *Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. — СПб.: Политехника, 2005. 423 с.*

UDC 628.166